

Young Joo YEE et al.
New Appln.
Filed Feb. 19, 2004
0465-1070 P
Bird, Stewart, Kolosch, Birch, LLP
(703) 205-8000



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0045730
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 07월 07일
Date of Application JUL 07, 2003

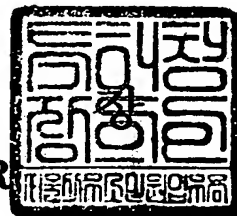
출원 인 : 엘지전자 주식회사
Applicant(s) LG Electronics Inc.



2003 년 08 월 05 일

특 허 청

COMMISSIONER





1020030045730

출력 일자: 2003/8/6

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0012
【제출일자】	2003.07.07
【국제특허분류】	F16K
【발명의 명칭】	전자기식 유체 흐름 제어 밸브
【발명의 영문명칭】	Fluidic mass flow control valve actuated by electromagnetic force
【출원인】	
【명칭】	엘지전자 주식회사
【출원인코드】	1-2002-012840-3
【대리인】	
【성명】	김용인
【대리인코드】	9-1998-000022-1
【포괄위임등록번호】	2002-027000-4
【대리인】	
【성명】	심창섭
【대리인코드】	9-1998-000279-9
【포괄위임등록번호】	2002-027001-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이영주
【성명의 영문표기】	YEE, Youngjoo
【주민등록번호】	680823-1093111
【우편번호】	463-070
【주소】	경기도 성남시 분당구 야탑동 215 매화마을 주공아파트 210-604
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최정훈
【성명의 영문표기】	CHOI, Jung Hoon
【주민등록번호】	710131-1047714
【우편번호】	463-010



1020030045730

출력 일자: 2003/8/6

【주소】	경기도 성남시 분당구 정자동 119~190 상록마을 우성아파트 325동 10 01호		
【국적】	KR		
【발명자】			
【성명의 국문표기】	김성혁		
【성명의 영문표기】	KIM, Seong Hyok		
【주민등록번호】	731113-1065213		
【우편번호】	122-052		
【주소】	서울특별시 은평구 갈현2동 267-1 라이프아파트 906		
【국적】	KR		
【심사청구】	청구		
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 김용인 (인) 대리인 심창섭 (인)		
【수수료】			
【기본출원료】	20	면	29,000 원
【가산출원료】	39	면	39,000 원
【우선권주장료】	0	건	0 원
【심사청구료】	36	항	1,261,000 원
【합계】	1,329,000 원		
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통		

【요약서】

【요약】

본 발명은 전자기력에 의해 작동하는 유체 흐름 제어 밸브를 개시한다. 본 발명에 따른 밸브에는 실린더 형의 밸브 바디가 구비되며, 상기 밸브 바디의 내부에 영구자석과 니들이 설치되고, 상기 밸브 바디의 외주면에는 코일과 제1 및 제2 요크가 설치된다. 상기 니들은 상기 영구자석을 관통하도록 설치된 로드와 연결된다. 그리고 상기 밸브 바디에는 제1 및 제2 포트가 외부 공간과 밸브 바디의 내부 공간을 연통시키도록 제공된다. 여기서 상기 제1 및 제2 포트는 서로 수직하게 형성된다. 그리고 상기 제1 및 제2 포트를 연통시키도록 상기 밸브 바디의 내부에는 가는 오리피스스가 형성된다. 상기 니들은 상기 오리피스의 일측과 대응하도록 배치되며, 상기 코일에 전류가 인가될 때 상기 영구자석과 함께 밸브 바디의 내측에서 상하 방향으로 이동한다. 상기 니들의 이동 방향과 이동량은 상기 코일에 인가되는 전류의 방향과 세기에 의해 결정된다. 상기 니들이 이동할 때 상기 니들의 선단부는 상기 오리피스의 개방 면적을 선형적으로 변화시키게 된다. 그러므로 상기 제1 및 제2 포트중 어느 하나를 통해서 유입된 유체가 상기 오리피스를 통과한 후 다른 하나를 통해 외부로 배출되는 양은 상기 니들의 위치에 의해서 제어된다.

【대표도】

도 2

【색인어】

밸브 바디, 니들, 영구자석, 코일, 요크, 오리피스

【명세서】**【발명의 명칭】**

전자기식 유체 흐름 제어 밸브{Fluidic mass flow control valve actuated by electromagnetic force}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브의 일실시에 사시도;

도 2는 도 1의 횡단면을 보여주는 사시도;

도 3a 내지 도 3c는 도 2의 부분적인 분리 사시도들로서,

도 3a는 밸브 바디의 내부의 대략 상측에 설치되는 부품들의 구조를 보여주는 분리 사시도;

도 3b는 밸브 바디와 그 내부의 대략 하측에 설치되는 부품들의 구조를 보여주는 분리 사시도;

도 3c는 내부에 부품이 장착된 밸브 바디와 그 외부에 장착되는 부품들의 구조를 보여주는 분리 사시도;

도 4a 및 도 4b는 상개식(normally open type)과 상폐식(normally closed type) 밸브로 각각 제작된 경우, 제1 요크의 수직 길이와 니들(needle)의 위치를 보여주는 도면으로서,

도 4a는 전류가 인가되지 않은 때 니들이 오리피스(orifice)를 항상 개방하는 상개식 밸브를 나타낸 도면;

도 4b는 전류가 인가되지 않은 때 니들이 오리피스를 항상 폐쇄하는 상폐식 밸브를 나타낸 도면;

도 5는 영구자석이 자기력(magnetic force)에 의해 부상되는 원리를 보여주기 위한 것으로서, 비자성체(nonmagnetic substance)로 이루어진 부품들이 제거된 모습을 나타낸 개략도;

도 6은 영구자석에 가해지는 자기력(F_m)과 영구자석의 수직축 변위(Z)의 관계를 나타낸 그래프;

도 7a 및 도 7b는 코일에 전류가 인가되는 방향에 따라서 형성되는 유도 자계(induction field B_u , B_d)와 영구자석에 가해지는 유도 기전력(F_u , F_d)의 관계를 보여주기 위한 것으로,

도 7a는 위에서 보았을 때 코일에 반시계 방향으로 전류가 인가된 때의 모습을 나타낸 도면; 그리고

도 7b는 위에서 보았을 때 코일에 시계 방향으로 전류가 인가된 때의 모습을 나타낸 도면이다.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

100 : 밸브 바디 131 : 오리피스

140 : 리미터 150 : 캡

160, 170 : 스프링 200 : 영구자석

230 : 로드 240 : 니들

300 : 제1 요크 350 : 코일

400 : 제2 요크

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <22> 본 발명은 관내를 흐르는 유체의 흐름을 제어하는 밸브에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전자기력(electromagnetic force)에 의해 작동하는 니들(needle)을 이용하여 유체의 흐름을 단속하거나 그 유량을 조절하는 유체 흐름 제어 밸브에 관한 것이다.
- <23> 일반적으로 유체 흐름 제어 밸브는 유체가 통과하는 오리피스(orifice)의 개방 면적을 선형(linear)적으로 조절함으로써 상기 오리피스를 통과하는 유체의 양을 제어하도록 구성된다. 유체 흐름 제어 밸브에서 상기 오리피스의 개방 면적을 선형적으로 조절하기 위해서는 일반적으로 선단부(tip)가 테이퍼진(tapered) 니들(needle)이 많이 사용된다. 밸브 내에서, 상기 니들은 테이퍼진 선단부가 상기 오리피스의 일측에 대응하도록 배치된 상태에서 선형적으로 왕복 이동할 수 있게 설치된다. 이와 같이 설치된 상기 니들이 선형적으로 이동할 때 상기 니들의 테이퍼진 선단부가 차지하는 상기 오리피스의 개방 면적이 증가하거나 감소하게 되며, 이에 따라 상기 오리피스 내를 통과할 수 있는 유체의 양도 감소하거나 증가하게 된다.
- <24> 상기와 같은 원리로 유체의 흐름을 제어하는 밸브는 각각 상기 니들을 선형적으로 이동시키기 위한 구조가 매우 다르게 구현될 수 있다. 이하에서는 현재까지 사용되고 있는 몇 가지 통상적인 구조에 대해 설명한다.

- <25> 현재까지 사용되고 있는 통상적인 구조의 예로는 상기 니들을 이동시키는 액츄에이터(actuator)로써 스텝 모터(step motor)를 사용하는 방식이 있다. 이 경우, 상기 스텝 모터의 회전축에는 회전 운동을 직선 운동으로 변환하는 기어(gear)가 설치되고, 니들이 상기 기어에 맞물리게(engaged) 설치된다. 이와 같이 설치되면, 상기 스텝 모터에 인가되는 구동 전원의 펄스(pulse) 수에 비례하여 상기 니들이 이동하게 된다.
- <26> 그러나 이러한 구조를 가지는 스텝 모터 방식은 상기 스텝 모터의 가격이 비싸므로 밸브 장치의 단가가 상승될 수 밖에 없는 단점을 가진다. 그리고 상기 스텝 모터의 회전 축과 상기 니들이 배치되는 밸브 바디(valve body)를 기밀 접합(hermetic sealing)시켜야 하므로 밸브 장치의 제조시 조립 공정이 매우 어려우며, 이에 따라 제조 비용이 상승하는 문제를 가지고 있다.
- <27> 현재까지 사용되고 있는 통상적인 구조의 다른 예로는 박판인 다이어프램(diaphragm) 또는 멤브레인(membrane)을 사용하는 방식이 있다. 이 경우, 니들은 상기 다이어프램 또는 멤브레인에 연결되고, 상기 니들이 연결된 다이어프램 또는 멤브레인의 이면에는 압력 조절이 가능한 별도의 가압 공간이 마련된다. 그리고 상기 가압 공간에는 소정의 유체가 충전된다. 이와 같은 구조를 가지면 상기 유체를 가열할 때 발생하는 팽창 압력을 이용하여 상기 다이어프램 또는 멤브레인을 변형시킬 수 있게 되고, 이에 따라 상기 니들을 이동시킬 수 있게 된다.
- <28> 그러나 이러한 구조 또한 별도의 가압 공간을 마련해야 하므로 밸브 장치의 소형화가 어렵고, 발열에 의한 전력 소모가 매우 크다는 단점을 가지고 있다. 또한, 상기 가압 공간의 가열에 의한 팽창 압력을 이용하여 상기 밸브를 간접적으로 이동시키게 되므로 밸브의 응답속도가 느리다는 단점을 가지고 있다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <29> 본 발명은 상기한 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 그 목적은 유체의 유량을 임의로 조절할 수 있는 유체 흐름 제어 밸브를 제공하는 것이다.
- <30> 본 발명의 다른 목적은 전자기력을 이용함으로써 밸브의 응답 속도가 빠르면서 성능이 우수한 유체 흐름 제어 밸브를 제공하는 것이다.
- <31> 본 발명의 또 다른 목적은 구조가 간단하고 조립성이 양호하여 생산성이 높은 유체 흐름 제어 밸브를 제공하는 것이다.
- <32> 본 발명의 또 다른 목적은 소형화된 유체 흐름 제어 밸브를 제공하는 것이다.

【발명의 구성 및 작용】

- <33> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 하단에 형성되는 제1 포트와, 외주면 일 지점에 형성되는 제2 포트와, 상기 제1 및 제2 포트를 연통시키도록 내부에 형성되는 오리피스(orifice)와, 상측 내부에 공간(space)을 가지는 밸브 바디와; 상기 공간에 상하 방향으로 이동 가능하게 설치되는 영구자석과; 전기 회로와 연결되고 상기 밸브 바디 외주면에 권선되는 코일과; 상기 영구자석이 자기력에 의해서 상기 공간 중에 부상된 상태를 유지할 수 있도록 상기 영구자석의 상측 일부분과 대응하는 위치의 상기 밸브 바디 외주면을 에워싸도록 설치되는 제1 요크(yoke)와; 테이퍼진 선단부(tip)가 상기 오리피스의 일측에 대응하도록 배치되고, 상기 코일에 전류가 인가될 때 발생하는 전자기력(electromagnetic force)에 의해 상기 영구자석이 상방 또는 하방으로 이동할 때 함께 이동하면서 상기 오리피스의 개방 면적을 선형적으로 변화시키는 니들(needle)을 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브를 제공한다.

<34> 여기서, 상기 밸브 바디는 예를 들면, 상하 방향으로 긴 원통형으로 이루어진다. 그리고 상기 밸브 바디는 제작성 및 조립성을 향상시키기 위해서 분리 가능한 3개의 피스(piece)를 포함하여 이루어질 수 있다. 이 경우, 상기 밸브 바디는, 외주면에 상기 코일과 상기 제1 요크가 결합되고 내부에 상기 영구자석이 수용되는 제1 피스와, 외주면에 상기 제2 포트가 형성되고, 하단이 개방되며, 내측 공동부(cavity)에 상기 니들이 위치되도록 상기 제1 피스의 하단에 결합되는 제2 피스와, 내부에 상기 오리피스가 형성되고 하단에 상기 제1 포트가 형성되며, 상기 니들이 상기 오리피스에 대응하는 위치에 배치되도록 상기 제2 피스의 하단에 결합되는 제3 피스를 포함하여 이루어진다. 여기서, 상기 제1 피스는 비자성체(nonmagnetic substance)로 이루어지는 것이 바람직하다. 그리고 상기 밸브 바디에서 상기 제1 포트와 제2 포트는 상호 수직한 방향으로 형성되는 것이 바람직하다.

<35> 그리고 상기 니들은 상기 영구자석을 관통하도록 설치된 로드(rod)의 하단부에 결합되거나 상기 영구자석에 직접 연결되어 상기 영구자석과 함께 이동할 수 있다. 이러한 상기 로드는 비자성체로 이루어지는 것이 바람직하다.

<36> 또한, 상기 밸브 바디의 상단은 비자성체로 이루어지고 분리 가능한 캡에 의해 폐쇄된다. 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브는 상기 공간의 상측에 상기 공간의 수평 단면적을 축소하도록 설치되어 상기 영구자석의 상승 높이를 제한하는 리미터(limiter)를 더 포함하여 이루어질 수 있다. 상기 리미터는 캡이 설치된 경우, 상기 캡과 상기 영구자석 사이에 상기 공간의 수평 단면적을 축소하도록 설치된다. 여기서, 상기 리미터는 비자성체로 이루어지며, 상기 영구자석의 외주보다 작은 내주를 가지는 링 형으로 이루어지는 것이 바람직하다.

<37> 한편, 상기 제1 요크는 상기 영구자석의 상단에 있는 자계를 집속할 수 있도록 투자율(permeability)이 높은 물질로 이루어지는 것이 바람직하다. 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브는 상기 밸브 바디의 외주면에 결합되고, 상기 코일을 에워싸도록 설치되는 제2 요크를 더 포함하여 이루어질 수 있다. 상기 제2 요크는 상기 밸브 바디 내의 자속 밀도를 높이기 위해서 순철(iron) 등의 투자율이 높은 물질로 이루어지는데, 이는 상기 코일의 상측 부분을 에워싸도록 설치되는 상부 피스와, 상기 상부 피스의 하측에서 결합되고, 상기 코일의 하측 부분을 에워싸는 하부 피스를 포함하여 이루어진다.

<38> 전자기식 유체 흐름 제어 밸브는 일부분이 상기 밸브 바디와 상기 로드와 각각 고정되도록 설치되어, 상기 영구자석이 이동할 때, 상기 영구자석, 상기 로드 또는 상기 니들이 상기 밸브 바디의 내벽에 접촉되는 것을 방지하면서 상기 영구자석이 원위치되도록 복원력을 부여하는 적어도 하나 이상의 스프링을 더 포함하여 이루어질 수 있다. 여기서, 상기 스프링은, 상기 영구자석을 관통한 상기 로드의 상단부를 지지하는 제1 스프링과, 상기 니들과 연결되는 상기 로드의 하단부를 지지하는 제2 스프링을 포함하여 이루어진다.

<39> 그리고 상기 각 스프링은, 상기 밸브 바디에 고정되는 제1 링과, 상기 제1 링의 내측에 배치되고 내주면에 상기 로드의 외주면이 끼워지는 제2 링과, 상기 제1 링과 제2 링을 연결하고, 상기 제1 링의 반지름 방향으로 큰 강성(stiffness)을 가지면서 상기 제1 링의 상하 방향으로 탄력적인 서스펜더들(suspenders)을 포함하여 이루어진다. 이러한 상기 각 스프링은 비자성체로 이루어지는 것이 바람직하다.

- <40> 한편, 상기 니들은 상기 코일에 전류가 인가되지 않은 상태에서, 상기 오리피스를 폐쇄하도록 배치되거나, 상기 오리피스를 완전히 개방시키도록 배치되거나, 상기 선단부가 상기 오리피스의 개방 면적 중 일부를 차지하도록 배치될 수 있다.
- <41> 상기 전기회로는, 상기 니들이 상기 오리피스의 개방 면적을 선형적으로 증감시킬 수 있도록, 상기 코일에 공급하는 전류의 세기 및 방향을 임의로 조절할 수 있는 회로로 이루어질 수 있는데, 이 경우, 상기 전기 회로는 디지털화된 인가 전류의 주기 및 펄스 폭을 임의로 조절할 수 있는 펄스 폭 변조 회로(PWM circuit: pulse width modulation circuit)를 적용하여 구성될 수도 있다.
- <42> 또한, 상기 전기 회로는, 상기 니들이 상기 오리피스를 개방하거나 폐쇄하는 개폐 밸브(bistable on/off valve)로 작동할 수 있도록, 상기 코일에 기 설정된 세기를 가지는 전류를 인가할 수 있는 회로로 이루어질 수도 있다.
- <43> 그리고 상기 제1 포트에는 압력이 높은 유체가 유입되는 유입관(inlet tube)이 연결되고, 상기 제2 포트에는 상기 오리피스를 통과한 유체가 토출되는 토출관(outlet tube)이 연결될 수 있다. 이 경우, 상기 오리피스를 통과한 후 상기 유체의 압력 및 온도가 강하되도록 상기 오리피스의 직경은 상기 제1 포트의 직경 보다 작게 형성되는 것이 바람직하다.
- <44> 상기와는 반대로, 상기 제2 포트에는 압력이 높은 유체가 유입되는 유입관(inlet tube)이 연결되고, 상기 제1 포트에는 상기 오리피스를 통과한 유체가 토출되는 토출관(outlet tube)이 연결될 수도 있다. 한편, 상기 밸브 바디 내로 유입되어 상기 오리피스를 경유한 후 외부로 토출되는 유체는 기체 상태로 이루어지거나, 액체 상태로 이루어지

거나, 기체와 액체가 혼합된 상태로 이루어지거나, 초임계 유체(super critical fluid)로 이루어질 수 있다.

<45> 이하 상기 목적이 구체적으로 실현될 수 있는 본 발명의 실시예들이 첨부된 도면을 참조하여 설명된다. 본 실시예들을 설명함에 있어서, 동일 구성에 대해서는 동일 명칭 및 부호가 사용되며, 이에 따른 부가적인 설명은 하기에서 생략된다.

<46> 도 1은 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브의 일실시에 사시도이고, 도 2는 도 1의 횡단면을 보여주는 사시도이다. 그리고 도 3a 내지 도 3c는 도 2의 부분적인 분리 사시도들로서, 도 3a는 밸브 바디의 내부의 대략 상측에 설치되는 부품들의 구조를 보여주는 분리 사시도이고, 도 3b는 밸브 바디와 그 내부의 대략 하측에 설치되는 부품들의 구조를 보여주는 분리 사시도이며, 도 3c는 내부에 부품이 장착된 밸브 바디와 그 외부에 장착되는 부품들의 구조를 보여주는 분리 사시도이다. 이하에서는 이들 도면을 참조하여 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브의 일실시의 구체적인 구조에 대해 보다 상세하게 설명한다. 참고로 설명의 편의를 위해서 도면에 도시된 밸브의 길이 방향을 상하 방향 또는 수직 방향이라 칭하고, 밸브의 지름 또는 폭 방향을 수평 방향이라 칭한다. 그리고 도면을 간략하게 하기 위해 각 부품들을 나사 결합시키기 위한 나사산들은 도시를 생략하였다.

<47> 도 1 및 도 2를 참조하면, 전자기식 유체 흐름 제어 밸브에는 실린더 형의 밸브 바디(100)가 구비되며, 상기 밸브 바디(100)의 내부에 영구자석(200)과 니들(240)이 설치되고, 상기 밸브 바디(100)의 외주면에는 코일(350)과 제1 요크(300), 그리고 제2 요크(400)가 설치된다. 상기 니들(240)은 상기 영구자석(200)을 관통하도록 설치된 로드

(230)에 연결된다. 그리고 상기 밸브 바디(100)에는 두 개의 포트들, 즉 제1 포트(135)와 제2 포트(121)가 외부 공간과 밸브 바디(100)의 내부 공간을 연통시키도록 제공된다.

<48> 그리고 상기 제1 포트(135)와 제2 포트(121)를 연통시키도록 상기 밸브 바디(100)의 내부에는 가는 오리피스(131)가 형성된다. 상기 니들(240)은 상기 오리피스(131)의 일측과 대응하도록 배치되며, 상기 코일(350)에 전류가 인가될 때 상기 영구자석(200)과 함께 밸브 바디(100)의 내측에서 상하 방향으로 이동한다. 상기 니들(240)의 이동 방향과 이동량은 상기 코일(350)에 인가되는 전류의 방향과 세기에 의해 결정된다.

<49> 한편, 상기 니들(240)이 이동할 때 상하 방향 움직임을 원활히 안내하도록 상기 로드(230)를 지지하는 적어도 하나 이상의 스프링(160, 170)이 밸브 바디(100)에 제공된다. 상기 니들(240)이 이동할 때 상기 니들(240)의 선단부(243)는 상기 오리피스(131)의 개방 면적을 선형적으로 변화시키게 된다. 그러므로 상기 제1 포트(135)와 제2 포트(121)중 어느 하나를 통해서 유입된 유체가 상기 오리피스(131)를 통과한 후 다른 하나를 통해서 외부로 배출되는 양은 상기 니들(240)의 위치에 의해서 제어된다.

<50> 여기서, 실린더 형상의 상기 밸브 바디(100)는 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이 상하 방향으로 길게 형성된다. 그러나 상기 밸브 바디(100)는 실린더 형상에 국한되는 것은 아니며 외부에 상기 코일(350)이 용이하게 권선(wound)될 수 있고 내부에 상기 영구자석(200)을 비롯한 여러가지 부품들이 설치될 수 있는 공간을 가진 형상으로 제작되면 충분하다.

<51> 상기 밸브 바디(100)의 내부에는 다수의 부품들이 설치된다. 그러므로, 상기 밸브 바디(100)는 용이하게 제조할 수 있으면서 각 부품들을 상기 밸브 바디(100)의 내부에 쉽게 장착한 후 조립할 수 있는 구조를 가지는 것이 바람직하다. 이를 위해서 상기 밸브

바디(100)는 도 3a 내지 도 3c에 도시된 바와 같이 다수개, 예를 들면 3개의 피스(piece)로 이루어지는 것이 바람직하다. 상기 3개의 피스들은 각각 별체로 제작된 후, 상호 나사 결합되거나 용접(welding), 땜질(brazing), 압입 등의 방법으로 접합되어 하나의 밸브 바디(100)를 형성한다. 이하에서는 상하 방향, 즉 밸브의 길이 방향의 상측에 위치한 피스를 제1 피스(110), 중간에 위치한 피스를 제2 피스(120), 그리고 하측에 위치한 피스를 제3 피스(130)라 칭한다.

<52> 상기 제1 피스(110)는 도 3a에 도시된 바와 같이 상부와 하부가 개방된 원통형으로 형성된다. 제1 피스(110)의 하부에는 상기 제2 피스(120)와 결합되기 위한 나사산(미도시) 등의 체결 부위가 형성된다. 그리고 상기 제1 피스(110)의 개방된 상부에는 분리 가능한 캡(150)이 결합된다. 그러므로 상기 제1 피스(110)의 개방된 상부는 상기 캡(150)에 의해 폐쇄된다. 상기 캡(150)은 상기 제1 피스(110)에 용접 또는 압입되어 결합될 수도 있고 나사 결합될 수도 있다. 상기 제1 피스(110)의 내부에는 도 3a에 도시된 바와 같이 상기 영구자석(200)을 수용할 수 있는 공간(111)(space)이 형성된다. 그리고 상기 제1 피스(110)의 내부 중에서 상기 공간(111)의 하측에는 상기 영구자석(200)의 하단이 지지될 수 있도록 턱(112)(step)이 상기 제1 피스(110)의 내벽으로부터 상기 제1 피스(110)의 반지름 방향으로 돌출된다. 또한 상기 로드(230)가 상기 제1 피스(110)의 중심축을 따라서 설치될 수 있도록 상기 제1 피스(110)의 내부에는 상기 공간(111)과 상기 제1 피스(110)의 하측 외부 공간을 연통시키는 채널(113)(channel)이 형성된다. 상기와 같은 구조를 가지는 제1 피스(110)의 외주면에는 상기 코일(350)과 상기 제1 요크(300)가 결합되는데, 이들에 대해서는 후술할 것이다.

<53> 상기 제2 피스(120)는 도 2 및 도 3b에 도시된 바와 같이 상기 제1 피스(110)의 하단에 용접(welding 또는 brazing) 또는 압입되어 결합되거나 나사 결합된다. 이를 위해 상기 제2 피스(120)의 상단에는 상기 제1 피스(110)의 나사산과 대응하는 다른 나사산이 형성되거나 용접 및 압입 과정에서 요구되는 체결부가 형성된다. 본 발명에서는 상기 제1 피스(110)와 제2 피스(120)가 보다 높은 기밀성을 가진 상태로 결합될 수 있는 구조를 제시하는데, 이하에서는 이에 대해 간단히 설명한다.

<54> 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같이 상기 제1 피스(110)의 하단에 환상의(annular) 돌기(114)가 형성된다. 그리고 상기 돌기(114)의 내주면과 외주면 중 적어도 어느 한 면 이상에 나사산을 더 포함하여 형성할 수 있다. 또한 상기 제2 피스(120)의 상단에는 도 3b에 도시된 바와 같이 상기 돌기(114)를 수용할 수 있는 환상의 홈(123)(groove)가 형성된다. 그리고 상기 홈(123)에는 상기 돌기(114)의 나사산에 대응하는 다른 나사산을 더 포함하여 형성할 수 있다. 상기와 같은 구조를 가지면, 제1 피스(110)와 제2 피스(120)가 높은 기밀성을 유지한 상태로 결합될 수 있다. 그리고 필요한 경우, 상기 환상의 홈(123) 내에 실런트(sealant) 또는 오링(O-ring)을 삽입하면 기밀성을 더욱 높일 수 있다.

<55> 상기 제2 피스(120) 역시 상단과 하단이 개방된 실린더 형상을 가진다. 상기 제2 피스(120)의 내부에는 상기 니들(240)이 설치되고 상하 방향으로 이동할 수 있는 공간부(125)(cavity)가 형성된다. 그리고 상기 제2 피스(120)의 외주면 일 지점에는 도 1과 도 2에 도시된 바와 같이 제2 포트(121)가 형성된다. 그러므로 상기 제2 포트(121)는 상기 공간부(125)와 제2 피스(120)의 외부 공간을 연통시킨다. 상기 제2 피스(120)의 하단에

는, 예를 들면 하단 외주면에는, 상기 제3 피스(130)와 나사 결합하기 위한 나사산이 형성되거나, 용접 또는 압입 시 요구되는 체결부가 형성된다.

<56> 상기 제3 피스(130)는 상기 제2 피스(120)의 하단에 나사 결합되거나 용접 또는 압입 등의 방법으로 결합된다. 이를 위해 상기 제3 피스(130)의 상단에는 상기 제2 피스(120)의 나사산에 대응하는 다른 나사산이 형성되거나 용접 또는 압입 방법에 대응하는 체결부가 형성된다. 상기 제3 피스(130)의 하단에는 상기 제3 피스(130)의 내부 공간과 외부공간을 연통시키는 제1 포트(135)가 형성된다. 상기 제1 포트(135)는 도 3b에 도시된 바와 같이 상기 제3 피스(130)의 하단이 완전히 개방된 형태로 형성된다. 그러나 상기 제1 포트(135)는 이에 국한되지 않고 상기 제3 피스(130)의 하단이 폐쇄되게 형성된 경우, 폐쇄된 하단에 소정 크기로 형성되어도 무방하다.

<57> 상기 제3 피스(130)의 내부에는 오리피스(131)가 형성된다. 상기 오리피스(131)는 상하 방향을 따라서 형성되는데, 상기 제1 포트(135)에 비해서 단면적이 매우 작게 형성되는 것이 바람직하다. 단면적이 매우 작은 오리피스(131)가 상기 제3 피스(130) 내에 형성될 수 있도록 상기 제3 피스(130)의 내부에는 상부와 하부를 분리시키는 디바이더(133)(divider)가 형성된다. 그러므로 상기 오리피스(131)는 상기 디바이더(133)의 중심에 상하 방향으로 형성된다.

<58> 상기와 같이 구성된 밸브 바디(100)에서 상기 제1 피스(110)는 비자성체(nonmagnetic substance)로 이루어진다. 그리고 상기 제2 피스(120)와 제3 피스(130) 또한 비자성체로 이루어지는 것이 바람직하다. 그리고 상기 제1 포트(135)와 제2 포트(121)는 대략 상호 수직한 방향으로 형성되는 것이 바람직하다. 이와 같이 형성되면, 상기 제1 포트(135)에 연결되는 관(미도시)(tube)과 상기 제2 포트(121)에 연결되는 관(미

도시)이 서로 수직을 이루게 되므로, 유체가 유동하는 유로를 수직 방향으로 변경해야하는 경우에 본 발명에 따른 밸브가 매우 유용하게 설치될 수 있다. 상기 제1 포트(135)와 제2 포트(121)는 물론, 수직한 방향이 아닌 다른 각도 방향으로 형성될 수도 있다.

<59> 한편, 상기 밸브 바디(100)의 구조는 상기한 구조에 국한되지만은 않는다. 비록 도시하지는 않았지만, 상기 밸브 바디(100)의 상단은 캡(150) 없이 자체가 막힌 구조로 형성될 수도 있을 것이다. 그리고, 상기 코일(350)은 상기 제1 피스(110)의 외측면 뿐만 아니라 상기 제2 피스(120)의 외측면 일부 까지 에워싸도록 설치될 수도 있을 것이다. 이러한 간단한 구조적 변경은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 예측할 수 있는 것이므로 이러한 구조들 또한 본 발명의 범주에 속한다고 해석되어야 한다.

<60> 상기 밸브 바디(100) 내부의 공간(111)에는 도 2에 도시된 바와 같이 상기 영구자석(200)이 수용된다. 상기 영구자석(200)은 상하 방향으로 분극화되게(polarized) 자화되어(magnetized) 있으며, 상기 공간(111)내에 자기력(magnetic force)에 의해서 부상된(levitated) 상태로 상하 방향으로 이동 가능하게 수용된다. 여기서, 상기 영구자석(200)이 부상되는 원리는 후술할 것이다.

<61> 상기와 같이 상기 영구자석(200)이 상기 공간(111) 내에서 상하 이동하기 위해서 상기 영구자석(200)의 수평 단면적은 상기 공간(111)의 수평 단면적보다 작게 형성되고, 상기 영구자석(200)의 상하 방향 길이는 상기 공간(111)의 상하 방향 길이보다 짧게 형성된다. 한편, 상기 영구자석(200)에는 상기 로드(230)가 관통하여 결합될 수 있도록 관통홀(210)이 상하 방향으로 형성된다. 상기 영구자석(200)은

상기 벨브 바디(100)가 실린더 형상으로 형성된 경우, 원주 형상으로 형성되며, 상기 관통홀(210)은 도 3a에 도시된 바와 같이 상기 영구자석(200)의 중심 축을 따라 형성된다.

<62> 상기 니들(240)은 도 2 및 도 3b에 도시된 바와 같이 테이퍼진(tapered) 선단부(243)(tip)를 가진다. 상기 선단부(243)는 도 2에 도시된 바와 같이 상기 오리피스(131)의 일측에 대응하도록 배치된다. 이러한 니들(240)은 상기 영구자석(200)이 전자기력에 의해서 상하 방향으로 이동할 때 함께 이동하면서 상기 오리피스(131)의 개방 면적을 선형적으로 변화시키게 된다. 상기 니들(240)의 선단부(243)가 상기 오리피스(131)의 개방 면적의 크기를 선형적으로 변화시키기 위해서, 상기 오리피스(131)와 상기 선단부(243)는 각각 원형의 수평 단면을 가지는 것이 바람직하다. 이와 같은 구조를 가지면, 원형인 오리피스(131)의 개방 면적 내에서 원형인 상기 선단부(243)의 단면 크기가 변화되므로 상기 오리피스(131)의 개방 면적의 크기는 선형적으로 변화된다.

<63> 상기와 같은 구조를 가지는 상기 니들(240)의 선단부(243)가 상기 오리피스(131) 내에 일정 정도 삽입되면, 상기 선단부(243)는 상기 오리피스(131)의 개방 영역을 일정 정도 차지하게 된다. 이러한 초기 상태에서 상기 니들(240)이 하강하여 상기 선단부(243)가 상기 오리피스(131)에 좀더 삽입되면, 상기 오리피스(131)의 개방 영역은 최초보다 감소하게 된다. 그리고 최초 상태에서 상기 니들(240)이 상승하면 상기 오리피스(131)의 개방 면적은 최초보다 증가된다.

<64> 도 3b를 참조하면, 상기 니들(240)은 상기 로드(230)의 하단부에 결합된다.

이를 위해 상기 니들(240)에는 상단부에서부터 그 내부까지 삽입홀(241)이 형성되고, 상기 로드(230)의 하단부에는 상기 니들(240)의 삽입홀(241)에 삽입되어 고정되는 핀(233)이 형성된다. 상기 핀(233)은 상기 삽입홀(241)에 압입되어 고정되거나, 나사 결합될 수 있다.

<65> 상기 로드(230)는 도 2에 도시된 바와 같이 그 상단부가 상기 영구자석(200)을 관통하도록 설치되고, 그 하단부는 상기 니들(240)에 고정된다. 그리고 상기 로드(230)의 외측면에는 상기 영구자석(200)의 하단부를 지지할 수 있도록 확장부(231)(extention)가 반지름 방향을 따라 외측으로 연장될 수 있다. 이와 같이 상기 로드(230)에 확장부(231)가 형성된 경우 상기 밸브 바디(100)의 턱(112)은 상기 확장부(231)의 밑면을 지지하게 된다. 물론, 상기 확장부(231)가 상기 밸브 바디(100)의 채널(113) 지름보다 작게 형성된 경우에는 상기 턱(112)은 상기 영구자석(200)의 하단부를 직접 지지하게 된다.

<66> 상기와 같이 로드(230)에 형성되는 확장부(231)는 상기 영구자석(200)의 하단을 지지하는 역할 뿐만 아니라, 상기 영구자석(200)이 로드(230)에 결합되어야 할 정확한 위치를 결정해주는 중요한 역할도 함께 수행하게 된다. 그러므로 상기 확장부(231)가 형성되면 조립성이 한층 향상된다.

<67> 한편, 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브에서 상기 니들(240)은 비록 도시하지는 않았지만, 상기 로드(230)에 의해 상기 영구자석(200)과 연결되지 않고, 상기 영구자석(200)에 직접 연결될 수도 있을 것이다. 이 경우, 상기 니들(240)의 상측부는 길게 형성되어 상기 로드(230)의 역할을 대신하게 된다. 이러한 간단한 구조적 변경은 상기한 간단한 설명 만으로도 쉽게 이해될 수 있으므로 도면에 도시하지 않았다.

<68> 니들(240)이 상기 로드(230)에 의해 상기 영구자석(200)과 연결되거나, 직접 상기 영구자석(200)에 연결되면, 상기 영구자석(200)이 전자기력에 의해 상하 방향으로 이동할 때 상기 영구자석(200)의 이동 변위와 동일한 변위 만큼 상하 방향으로 이동할 수 있게 된다. 한편, 상기와 같은 구조를 가지는 로드(230)와 니들(240)은 상기 영구자석(200)에 의해 형성되는 자계에 영향을 끼치는 것을 방지하기 위해서 각각 비자성체로 이루어지는 것이 바람직하다.

<69> 상기 코일(350)은 도 2에 도시된 바와 같이 상기 밸브 바디(100)의 외주면, 예를 들면, 제1 피스(110)의 외주면에 권선(wound)된다. 물론, 상기 코일(350)은 도 2에 도시된 바와 같이 상기 제1 피스(110)의 외주면에만 권선되는 것은 아니며, 제2 피스(120)의 외주면 일부 또는 전부에 권선될 수도 있다. 상기 코일(350)의 하측을 지지하기 위해서 상기 밸브 바디(100)의 외주면 일지점, 예를 들면 제1 피스(110)의 외주면 일지점에는 도 2 내지 도 3c에 도시된 바와 같이 상기 밸브 바디(100)의 반지름 방향을 따라 외측을 향해서 돌출된 플랜지(115)가 형성된다.

<70> 상기 플랜지(115)는 상기 코일(350)의 하단을 지지할 수도 있지만, 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브에 상기 제2 요크(400)가 구비된 경우에는 도 2 내지 도 3c에 도시된 바와 같이 상기 제2 요크(400)의 하단을 지지하게 된다. 한편, 상기 플랜지(115)는 상기 코일(350) 또는 상기 제2 요크(400)의 하단을 지지하는 역할 뿐만 아니라, 이들이 결합되어야 할 정확한 위치를 결정해주는 중요한 역할도 함께 수행하게 된다. 그러므로 상기 플랜지(115)가 형성되면 조립성이 한층 향상된다.

<71> 한편, 상기 코일(350)에는 전기 회로(미도시)가 연결된다. 상기 전기회로는 상기 코일(350)에 전류를 인가하기 위해 제공되는 것이며, 당해 기술 분야에서 통상의 지식을

가진 자라면 누구나 상기 코일에 전기 회로가 연결된다는 것을 알고 있으므로, 도면에 특별하게 도시하지는 않았다.

<72> 상기 전기 회로는 상기 코일(350)에 공급하는 전류의 세기 및 방향을 임의로 조절할 수 있는 회로로 이루어질 수 있다. 그러면, 상기 코일(350)에 인가되는 전류의 방향을 결정함으로써 상기 영구자석(200)이 이동하는 방향, 즉 상측 방향 또는 하측 방향을 결정할 수 있다. 또한, 전류의 세기를 조절함으로써 상기 영구자석(200)이 이동하는 거리를 조정할 수 있게 된다. 상기 영구자석(200)이 이동하는 거리를 용이하게 조정할 수 있다는 것은 곧 상기 오리피스(131)를 통과하는 유체의 양을 용이하게 조정할 수 있다는 것을 의미한다.

<73> 상기와 같이 전류의 세기 및 방향을 임의로 조절할 수 있는 회로의 일례로는 전류의 방향과 세기를 조절하는 아날로그 전류 제어 회로, 펄스 폭 변조 회로(PWM circuit: pulse width modulation circuit) 등을 들 수 있다. 상기 아날로그 전류 제어 회로 및 펄스 폭 변조 회로는 현재 널리 사용되고 있는 공지의 기술이므로 자세한 설명은 생략한다. 다만 이해를 돕기 위해 간단히 설명하자면, 상기 아날로그 전류 제어 회로는 상기 영구 자석의 필요 이동 변위에 대응하는 전류의 방향 및 크기(amplitude)를 제어 전압(control voltage) 입력에 대응하여 상기 권선 코일에 인가하는 회로이며, 상기 펄스 폭 변조 회로는 디지털화된 인가 전류의 주기 및 펄스 폭을 임의로 조절함으로써 전류의 세기를 조절하는 회로이다. 그러므로 상기 코일(350)에 연결되는 전기 회로는 상기 아날로그 전류 제어 회로 또는 펄스 폭 변조 회로를 포함하여 이루어지는 것이 바람직하다. 그러나 본 발명에서 사용되는 전기회로는 이에만 국한되지는 않으며, 전류의 세기 및 방향을 임의로 조절할 수 있다면 사용 가능하다.

<74> 한편, 상기 전기 회로는 상기 코일(350)에 기 설정된 세기의 전류를 인가할 수 있는 회로를 포함하여 이루어질 수도 있을 것이다. 이 경우, 상기 코일(350)에는 일정 세기의 전류가 인가되므로 상기 영구자석(200) 및 니들(240)의 이동 변위는 항상 동일하다. 상기 전기 회로가 이와 같이 구성되면, 니들(240)이 상기 오리피스(131)를 단순히 개폐만 하는 개폐 밸브(bistable on/off valve)로 작동할 수 있게 된다. 물론, 이 경우, 전류의 세기는 결정되어 있다 하더라도 전류의 방향은 변경할 수 있는 회로로 구성되면 더욱 좋다. 상기한 코일(350)에 인가되는 전류의 방향을 변경하는 기술 또한 오래전부터 사용되고 있는 일반적인 기술이기 때문에 설명을 생략한다.

<75> 본 발명에서는 상기 영구자석(200)이 자기력에 의해서 밸브 바디(100) 내의 상기 공간(111)에 부상된 상태를 유지하게 된다. 이를 위해서 상기 밸브 바디(100)의 외주면, 좀더 상세하게는 제1 피스(110)의 외주면에는 도 1 내지 도 3c에 도시된 바와 같이 제1 요크(300)(yoke)가 설치된다. 상기 제1 요크(300)는 상기 영구자석(200)의 상단에 있는 자계를 집속할 수 있도록 순철(pure iron) 등의 투자율(permeability)이 높은 물질(substance)로 이루어지며, 도 2에 도시된 바와 같이 상기 영구자석(200)의 상측 일부분과 대응하는 위치의 상기 제1 피스(110) 외주면을 에워싸도록 설치된다. 이러한 제1 요크(300)는 예를 들면 실린더 형으로 형성된다.

<76> 상기와 같이 높은 투자율을 갖는 제1 요크(300)가 제공되면, 상기 영구자석(200) 상단 부분에 있는 자계는 상기 제1 요크(300)의 상단 부분으로 집속된다. 그러므로 집속된 자계에 의해서 상기 영구자석(200)의 상단은 상기 제1 요크(300)의 상단 부분과 최단 거리를 유지한 상태에 머무르게 된다. 이에 따라 상기 영구자석(200)의 상단은 도 5에 도시된 바와 같이 상기 제1 요크(300)의 상단 부분과 동일한 고도(altitude)에서 자기력

에 의해 부양된 상태를 유지하게 된다. 이에 따라 상기 코일(350)에 전류가 인가되지 않은 상태에서도, 상기 영구자석(200)과 연결된 니들(240)은 상기 오리피스(131)와 소정의 거리를 유지한 채로 공중에 부양된 상태를 유지할 수 있게 된다. 뿐만 아니라 상기 제1 요크(300)는 상기 코일(350)에 전류가 인가될 때에는 상기 영구자석(200)의 위치를 변경시키는 힘을 제공한다. 이러한 원리에 대해서는 도 5 내지 도 7b를 참조하여 보다 상세하게 설명될 것이다.

<77> 한편, 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브는 도 2 및 도 3c에 도시된 바와 같이 제2 요크(400)를 더 포함하여 이루어질 수도 있다. 상기 제2 요크(400)는 상기 영구자석(200) 주변의 자계를 더욱 집중함으로써 상기 밸브 바디(100) 내의 자속 밀도(magnetic flux density)를 높이기 위해 제공된다. 이와 같이 밸브 바디(100) 내의 자속 밀도가 높아지면, 상기 영구자석(200)에 가해지는 자기력이 강해지므로 상기 영구자석(200)은 자중에 의해 하측으로 떨어지지 않고 상기 공간(111) 내에서 부양된 상태를 유지할 수 있게 된다. 또한 상기 제2 요크(400)가 구비되면 상기 제1 요크(300)의 크기를 작게하거나 하는 등의 설계 변경이 가능해 진다.

<78> 상기 제2 요크(400)는 상기 제1 요크(300)와 마찬가지로 투자율이 높은 물질로 이루어지는 것이 바람직하다. 이러한 제2 요크(400)는 상기 밸브 바디(100)의 외주면에 결합되는데, 상기 코일(350)을 에워싸도록 설치된다. 이와 같이 설치되는 제2 요크(400)는 하단부가 상기 밸브 바디(100)의 플랜지(115)에 밀착되도록 설치되며, 상단부는 상기 제1 요크(300)와 밀착되도록 설치되는 것이 바람직하다.

<79> 상기 제2 요크(400) 내에는 코일(350)이 수용되므로 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브의 조립성을 보다 양호하게 하게 하기 위한 구조가 요구된다. 이에 따라

본 발명에서는 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이 상기 제2 요크(400)가 두 개의 피스로 이루어진 구조를 제시한다. 상기 제2 요크(400)가 두 개의 피스, 즉 상부 피스(410)와 하부 피스(430)로 이루어지면, 상기 밸브 바디(100)의 외주면에 권선된 상기 코일(350)을 그 내측에 쉽게 수용할 수 있게 되므로 조립성이 한층 향상된다. 여기서 상기 상부 피스(410)는 상기 코일(350)의 상측 부분을 에워싸도록 설치되고, 상기 하부 피스(430)는 상기 코일(350)의 하측 부분을 에워싸도록 설치된다.

<80> 한편, 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브가 상기한 구조를 가지면 상기 영구자석(200)과 로드(230) 및 니들(240)은 전자기력에 의해 부양된 상태에서 상하 방향으로 이동하게 된다. 그러나, 부품을 제작하거나 조립할 때 발생할 수 있는 형상 가공 오차 및 조립 오차 등이 크면, 상기 영구자석(200)과 로드(230) 및 니들(240)이 수직축을 따라 정확히 상하 방향으로 이동하지 못하고 일측으로 치우쳐 상승하는 편심 현상이 발생할 수 있다. 이러한 편심 현상이 발생하면, 상기 영구자석(200)과 로드(230) 및 니들(240)이 상기 밸브 바디(100)의 내벽면에 닿을 수 있으므로 정확한 작동이 어렵고 마모에 의한 수명 단축이 예상된다. 그러므로 본 발명에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 개선책을 제시해 준다.

<81> 상기한 문제를 해결하기 위해 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브에는 전자기력에 의해 상하 방향으로 이동하는 부품들, 즉 상기 영구자석(200), 상기 로드(230), 그리고 상기 니들(240)이 수직축을 따라서 정확하게 상하 방향으로 이동할 수 있도록 안내하는 스프링(160, 170)이 더 구비될 수 있다. 상기 스프링(160, 170)은 상기 부품들의 이동을 안내할 뿐만 아니라, 상기 부품들이 상방 또는 하방으로 이동할 때 본래 위치로 복귀하기 위한 복원력을 부여하는 역할도 함께 수행한다. 이러한 스프링(160,

170)은 상기 영구자석(200)에 의해 형성되는 자계에 영향을 끼치지 않도록 비자성체로 이루어지는 것이 바람직하다. 이하에서는 이러한 역할을 수행하는 스프링(160, 170)의 구조에 대해 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다.

<82> 본 발명에서 상기 스프링(160, 170)은 적어도 하나 이상 구비되며, 상기 로드(230)를 지지하도록 설치된다. 도 2 및 도 3b에는 두 개의 스프링(160, 170)이 상기 로드(230)를 지지하는 실시예가 도시되어 있다. 설명의 편의를 위해 이하에서는 로드(230)의 상측 부분을 지지하는 것을 제1 스프링(160), 하측을 지지하는 것을 제2 스프링(170)이라 칭한다. 상기 제1 스프링(160)과 제2 스프링(170)은 동일한 구조를 가지며, 각각 그 일부분이 로드(230)의 외주면과 상기 밸브 바디(100)의 내주면에 고정된다. 이를 위해 상기 제1 및 제2 스프링(160, 170)은 상기 밸브 바디(100)에 고정되는 제1 링(161, 171)과, 상기 로드(230)에 고정되는 제2 링(163, 173), 그리고 상기 제1 링(161, 171)과 제2 링(163, 173)을 연결하는 다수의 서스펜더(165, 175)를 포함하여 이루어진다.

<83> 상기 제1 링(161, 171)의 내주면 지름은 상기 제2 링(163, 173)의 외주면 지름보다 크게 형성된다. 상기 제2 링(163, 173)의 내주면 지름은 상기 로드(230)의 외주면이 압입되어 고정될 수 있는 크기를 가지면 족하다. 여기서, 상기 제1 스프링(160)과 상기 제2 스프링(170)은 그 설치 위치가 서로 다르다. 그러므로 상기 로드(230)의 외주면 지름이 각 부위마다 다르게 형성될 경우, 상기 제1 스프링(160)의 제2 링과 상기 제2 스프링(170)의 제2 링의 내주면 지름은 서로 다르게 형성될 수도 있다. 한편, 상기 서스펜더(165, 175)는 도 3b에 도시된 바와 같이 다수 개가 상기 제1 링(161, 171)과 제2 링(163, 173) 사이에 방사상으로 배치되어 상기 제1 링(161, 171)의 내주면과 상기 제2 링(163, 173)의 외주면을 연결한다.

<84> 상기한 구성을 가지는 스프링(160, 170)에서 상기 서스펜더(165, 175)는 상기 제2 링(163, 173)이 반지름 방향으로 이동하는 것을 방지하기 위해 상기 제1 링(161, 171) 및 제2 링(163, 173)의 반지름 방향으로 큰 강성(stiffness)을 가진다. 그러면, 상기 제2 링(163, 173)에 수용된 로드(230)도 상기 제1 링(161, 171) 및 제2 링(163, 173)의 반지름 방향으로 이동할 수 없게 되어 상기 로드(230)와 니들(240) 및 영구자석(200)이 상기 밸브 바디(100)의 내주면에 접촉되는 것을 방지할 수 있다. 한편, 상기 서스펜더(165, 175)는 또한 상기 제1 링(161, 171) 및 제2 링(163, 173)의 상하 방향으로서는 탄력을 가진다. 그러면, 상기 제1 링(161, 171)이 고정된 상태에서 상기 제2 링(163, 173)이 상하 방향으로 이동할 수 있으므로, 상기 로드(230)의 상하 방향 이동을 효과적으로 안내할 수 있다. 그리고 상기 로드(230)가 상하 방향으로 이동할 때 상기 서스펜더(165, 175)는 변형되면서 탄성에너지를 축적하게 되므로, 전자기력이 제거되었을 때 상기 로드(230)가 원위치로 복귀할 수 있는 복원력을 부여할 수 있게 된다.

<85> 상기한 구조를 가지는 스프링(160, 170)들 중에서, 상기 제1 스프링(160)은 도 3b에 도시된 바와 같이 상기 영구자석(200)을 관통한 상기 로드(230)의 상단부를 지지하도록 설치된다. 이를 위해 상기 제1 스프링(160)의 제2 링(163)에는 상기 로드(230)의 상단부가 삽입되어 고정되고, 상기 제1 스프링(160)의 제1 링(161)은 도 3a에 도시된 바와 같이 상기 캡(150)과 후술할 리미터(140)(a limiter)의 결합 부위에 삽입되어 고정된다. 그리고 상기 제2 스프링(170)은 상기 니들(240)과 연결되는 상기 로드(230)의 하단부를 지지하도록 설치된다. 이를 위해 상기 제2 스프링(170)의 제2 링(173)은 도 3b에 도시된 바와 같이 상기 로드(230)와 상기 니들(240)의 결합부위에 삽입되어 고정되고, 상기 제2 스프링(170)의 제1 링(171)은 상기 제1 피스(110)와 상기 제2 피스(120)의 결합

부위에 삽입되어 고정된다. 상기한 구조를 가지면, 상기 제1 및 제2 스프링(160, 170)의 제1 및 제2 링(161과171, 163과173)을 상기 밸브 바디(100) 및 로드(230)에 설치하기 위한 별도의 부품이나 구조가 부가적으로 요구되지 않으므로 구조가 매우 간단해지고 조립성이 매우 향상된다.

<86> 한편, 상기 코일(350)에 전류가 인가되어 상기 영구자석(200)이 상방 또는 하방으로 이동할 때 예기치 못한 외부적인 요인 등에 의해서 상기 영구자석(200)이 과도하게 이동하는 경우가 발생할 수 있다. 이와 같이 상기 영구자석(200)의 이동량이 과도해지면, 상기 스프링(160, 170)의 서스펜더(165, 175)가 영구 변형되어 작동 불량일 수 있다. 그러므로 보다 안정적인 성능을 확보하기 위해서는 상기 영구자석(200)의 상하방 이동량을 제한할 필요가 있다.

<87> 이를 위해, 본 발명에 따른 밸브에는 도 2 및 도 3a에 도시된 바와 같이 리미터(140)(limiter)가 더 설치될 수 있다. 상기 리미터(140)는 상기 영구자석(200)이 설치된 상기 공간(111)의 상단 부분의 수평 단면적을 축소시켜 상기 영구자석(200)이 더 이상 상승하는 것을 방지한다. 이러한 상기 리미터(140)는, 상기 캡(150)이 설치된 경우, 상기 밸브 바디(100)의 공간(111)과 상기 캡(150) 사이에 배치되며, 상기 밸브 바디(100)의 내측을 향해 돌출된다. 그리고 상기 리미터(140)는 상기 영구자석(200)이 상승할 때 상기 영구자석(200)의 상면과 접촉될 수 있는 정도의 돌출 길이를 가진다.

<88> 이러한 상기 리미터(140)는 링형으로 이루어지는데, 이 경우, 그 내주는 상기 영구자석(200)의 외주보다 작게 형성되어야 한다. 한편, 링형으로 이루어진 상

기 리미터(140)의 하단을 지지하면서 그 설치 위치를 정확하게 결정해 주도록 상기 밸브 바디(100)의 상부 내벽면에는 도 2 내지 도 3c에 도시된 바와 같이 턱(116)이 형성될 수 있다. 그러나 상기 리미터(140)의 형상은 링형으로만 국한되지는 않으며 상기 밸브 바디(100)의 내벽에서 안쪽을 향해 돌출된 단순한 돌기로 구성될 수도 있을 것이다. 상기와 같은 구조를 가지는 상기 리미터(140) 역시, 상기 영구자석(200)에 의해 형성되는 자계에 영향을 끼치지 않기 위해 비자성체로 이루어지는 것이 바람직하다.

<89> 상기와 같은 구조를 가지는 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브는 상기 코일(350)에 전류가 인가되지 않은 상태에서 상기 오리피스(131)가 완전히 개방된 상개식(normally open type) 밸브, 또는 상기 오리피스(131)가 완전히 폐쇄된 상폐식(normally closed type) 밸브 등으로 구현될 수 있다. 물론, 상기 오리피스(131)가 부분적으로 닫혀 있는 상태의 밸브로 구현될 수도 있을 것이다. 이와 같이 다양한 형태의 밸브로 구현하기 위해서, 상기 니들(240)의 초기 위치는 매우 중요하며, 상기 니들(240)의 초기 위치를 결정하는 방법 또한 중요하다. 이하에서는 각 밸브 형태 별로 상기 니들(240)의 초기 위치 및 이를 결정하기 위해 본 발명에서 제시하는 구조를 도 4a 및 도 4b를 참조하여 설명한다. 참고로, 도 4a 및 도 4b는 상개식(normally open type)과 상폐식(normally closed type) 밸브로 각각 제작된 경우, 제1 요크의 수직 길이와 니들(needle)의 위치를 보여주는 도면으로서, 도 4a는 전류가 인가되지 않은 때 니들이 오리피스(orifice)를 항상 개방하는 상개식 밸브를 나타낸 도면이고, 도 4b는 전류가 인가되지 않은 때 니들이 오리피스를 항상 폐쇄하는 상폐식 밸브를 나타낸 도면이다.

<90> 도 4a를 참조하면 상기 상개식 밸브에서 상기 니들(240)은 그 선단부(243)가 상기 오리피스(131) 내에 삽입되지 않는 상태로 배치된다. 이는 상기 영구자석(200)에 의해

형성된 자계에 의해 상기 영구자석(200)에 작용하는 자기력, 그리고 상기 스프링(160, 170)에 의해 지지되는 힘 등에 의해 가능해 진다. 이러한 원리는 이미 설명되었으므로 생략한다. 그리고 도 4b를 참조하면, 상기 상폐식 밸브에서 상기 니들(240)은 테이퍼진 선단부(243)가 상기 오리피스(131)의 입구와 완전히 밀착되게 배치된다.

<91> 상기와 같이 상기 코일(350)에 전류가 인가되지 않은 상태에서 상기 니들(240)의 초기 위치를 각각 다르게 배치하기 위해서는 구조 변경이 요구된다. 이러한 구조 변경으로써, 가장 간단한 것은 도 4a 및 도 4b에 도시된 바와 같이 상기 제1 요크(300)의 상하 방향 길이를 조절하는 것이다. 즉, 서로 다른 두 개의 밸브에서 상기 코일(350)이 동일한 형태로 권선된 경우, 상기 코일(350)의 상단에서 부터 상기 제1 요크(300)의 상단까지의 길이를 서로 다르게 조정하면 상기 니들(240)의 초기 위치가 서로 다르게 결정된다. 이를 간단하게 설명한다.

<92> 도 4a와 도 4b를 비교하면, 상기 도 4a의 밸브의 제1 요크(300)의 상하 방향 길이(L_o)가 상기 도 4b의 밸브의 제1 요크(300)의 상하 방향 길이(L_c)보다 길게 형성됨을 알 수 있다. 이는 상기 도 4a의 제1 요크(300) 상단이 도 4b의 제1 요크(300) 상단보다 높은 고도를 가진다는 것을 의미한다. 그러므로 도 4a에서는 높은 위치에서 자계가 집중되며, 이에 따라 영구자석(200) 또한 높은 위치에 부상하게 되어 상기 니들(240)은 높은 위치에 배치된다. 반면, 도 4b에서는 낮은 위치에서 자계가 집중되며, 이에 따라 영구자석(200) 또한 낮은 위치에 부상하게 되므로 상기 니들(240)은 낮은 위치에 배치된다.

<93> 상기와 같은 원리에 의해서, 도 4a와 도 4b와 같이 상기 제1 요크(300)를 제외한 모든 부품들의 규격이 모두 동일할 경우, 상기 제1 요크(300)의 상하 방향 길이를 변경하는 간단한 구조 변경만으로도 매우 쉽게 상개식 밸브 또는 상폐식 밸브를 구현할 수

있게 된다. 물론, 상기 제1 요크(300)의 상하 방향 길이를 적절하게 설계하면 상기 니들(240)이 상기 오리피스(131) 내에 약간 삽입된 상태도 유지할 수 있게 된다. 상기와는 달리 상기 로드(230) 또는 니들(240)의 상하 방향 길이를 변경하는 방법을 통해 상기 니들(240)의 초기 위치를 결정할 수도 있을 것이다.

<94> 상기와 같은 구조를 가지는 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 밸브에서 상기 제1 포트(135) 및 제2 포트(121)에는 각각 관(미도시)(tube)이 연결된다. 여기서, 상기 제1 포트(135)에 연결되는 관을 제1 관(미도시)라하고, 상기 제2 포트(121)에 연결되는 관을 제2 관이라 한다면, 상기 제1 관 및 제2 관 중 어느 하나는 유체가 유입되는 유입관(inlet tube)으로 기능하고 다른 하나는 유체가 토출되는 토출관(outlet)으로 기능할 수 있다.

<95> 예를 들어, 압력이 높은 유체가 상기 제1 관을 통해 밸브 바디(100) 내로 유입된 후에 상기 오리피스(131)를 경유하고 상기 제2 관을 통해 토출된다면, 상기 제1 관은 유입관, 그리고 상기 제2 관은 토출관의 기능을 수행한다. 물론, 이때 상기 제1 포트(135)는 유입 포트(inlet port), 제2 포트(121)는 토출 포트(outlet port)로 기능한다. 이와는 반대로 압력이 높은 유체가 상기 제2 관을 통해 상기 밸브 바디(100)로 유입된 후에 오리피스(131)를 거쳐 제1 관으로 토출된다면, 상기 제1 관과 제1 포트(135)는 각각 유입관과 유입 포트로, 상기 제2 관과 제2 포트(121)는 각각 토출관과 토출 포트로 기능한다.

<96> 한편, 본 발명에서는 높은 압력과 온도를 가진 유체가 상기 오리피스(131)를 통과한 후에 온도와 압력이 강해질 수 있는 구조를 제시한다. 이를 위해서 상기 오리피스(131)의 직경은 상기 제1 포트(135)의 직경 보다 작게 형성된다. 이와 같은 구조를 가지

면, 상기 제2 포트(121)를 통해 유입된 높은 압력과 온도를 가진 유체가 상기 오리피스(131)를 통과한 후 넓은 공간으로 토출되면서 단열 팽창하게 되므로 급속하게 압력 및 온도가 강해진다. 한편, 상기 니들(240)이 위치하는 제2 피스(120)의 공간부(125)는 상기 오리피스(131)의 직경 보다 당연히 크게 형성된다. 그러므로 높은 압력과 온도를 가진 유체가 상기 제1 포트(135)를 통해 유입되는 경우에도, 상기 유체는 상기 오리피스(131)를 통과한 후 단열팽창하면서 온도와 압력이 강해진다.

<97> 상기와 같이 상기 밸브 바디(100) 내로 유입되어 상기 오리피스(131)를 경유한 후 외부로 토출될 수 있는 유체의 종류는 매우 다양하다. 상기 유체의 예를 들면, 기체 상태, 액체 상태, 상기 기체와 액체가 혼합된 상태의 유체가 있다. 그리고 최근 연구가 진행되면서 사용 범위가 넓어지는 초임계 유체(super critical fluid)가 있다. 이해를 돕기 위해 상기 초임계 유체에 대해 간단히 설명한다. 어떠한 유체에 임계값을 초과하는 압력과 온도가 가해지면, 상기 유체는 기체와 액체의 구별이 모호해지는 상태가 된다. 이때에는 그 이상의 압력을 가해도 액체가 되지 않고 비응축성 기체가 된다. 이러한 상태를 초임계라고 하며, 그 상태의 용매를 초임계 유체라고 한다. 이러한 초임계 유체는 액체의 밀도와 비슷한 값을 가지며, 점도는 기체에 가깝고 확산 계수는 액체보다 100배 정도 큰 값을 가진다.

<98> 한편, 상기한 구조를 가지는 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브는 다음과 같이 조립된다. 먼저, 로드(230)를 상기 영구자석(200)과 결합한다. 그리고 상기 영구자석(200)을 상기 밸브 바디(100)의 제1 피스(110)에 삽입하여 장착한다. 영구자석(200)이 장착된 후 상기 제1 피스(110) 내부 상측에 상기 리미터(140)와 상기 제1 스프

링(160)을 순차적으로 삽입한 후에 상기 캡(150)을 결합시킨다. 상기한 내용은 도 3a을 참조하면 보다 쉽게 이해될 것이다.

<99> 다음으로 상기 제2 스프링(170)의 제2 링(173)을 상기 로드(230)의 하단부에 삽입한 다음 상기 니들(240)을 상기 로드(230)의 하단부에 결합시킨다. 그리고 상기 제2 피스(120)를 상기 제1 피스(110)에 결합시켜 고정한다. 그러면, 상기 제2 스프링(170)의 제1 링(171)은 상호 나사 결합되거나 용접 또는 압입되어 결합된 상기 제1 피스(110)와 상기 제2 피스(120) 사이에 견고하게 고정되며, 상기 제2 스프링(170)의 제2 링(173)은 상기 로드(230)의 하단부에 결합되어 고정된다. 그리고 상기 제3 피스(130)를 제2 피스(120)의 하단에 결합하여 고정한다. 이러한 과정은 도 3b를 참조하면 보다 쉽게 이해될 것이다.

<100> 밸브 바디(100)와 그 내측에 설치되는 부품들의 조립이 완료되면, 상기 코일(350)과 제2 요크(400)를 상기 밸브 바디(100) 외주면에 장착한다. 그리고 상기 제1 요크(300)를 상기 제2 요크(400) 상측에 위치하도록 상기 밸브 바디(100) 외주면에 장착한다. 이러한 과정은 도 3c를 참조하면 보다 쉽게 이해될 것이다. 본 발명은 상기한 바와 같이 구조가 매우 간단하므로 조립이 매우 쉬운 장점이 있다.

<101> 이하에서는, 상기한 구조를 가지는 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브의 작동 원리에 대해 도 5 내지 도 7b를 참조하여 설명한다. 참고로, 도 7a 및 도 7b는 코일에 전류가 인가되는 방향에 따라서 형성되는 자계(magnetic field B_u)와 영구자석에 가해지는 전자기력(electromagnetic force F_u, F_d)의 관계를 보여주기 위한 것으로, 도 7a는 위에서 보았을 때 코일에 반시계 방향으로 전류가 인가된 때의 모습을 나타낸 도면

이고, 도 7b는 위에서 보았을 때 코일에 시계 방향으로 전류가 인가된 때의 모습을 나타낸 도면이다.

<102> 먼저, 도 5를 참조하면, 코일(350)에 전류가 인가되지 않았을 때, 상기 영구자석(200)은 그 상단이 상기 제1 요크(300)의 상단과 동일한 고도에 위치하도록 부상된 후 위치를 유지하게 된다. 이를 좀더 자세히 설명하면 다음과 같다. 상기 영구자석(200) 상단 주위의 자계는 상기 제1 요크(300)의 상단 주위에 집중된다. 그러므로 상기 영구자석(200)의 상단은 집중된 자계에 의해 상기 제1 요크(300)의 상단과 동일한 위치를 유지하려고 하게 된다. 이때, 상기 영구 자석이 도 5의 Z축을 따라 상하로 이동하는 경우, 상기 영구자석(200)과 제1 요크(300) 및 상기 제2 요크(400)에 의해서 상기 영구자석(200) 주변에는 강력한 자계가 형성되고, 상기 자계에 의해 상기 영구자석(200)에 가해지는 자기력 F_m 은 도 6에 도시된 바와 같은 양상을 띠게 된다. 참고로, 도 6에서 Z축의 값은 상기 영구자석(200)의 상단 높이이며, Z_0 는 상기 제1 요크(300)의 상단의 높이와 동일한 높이에 있을 때의 영구자석(200)의 상단 높이이다.

<103> 도 6에 도시된 바와 같이 상기 영구자석(200)의 상단의 위치가 Z_0 보다 낮으면 위쪽으로 자기력이 작용하고, 상기 영구자석(200)의 상단의 위치가 Z_0 보다 높으면 아래쪽으로 자기력이 작용한다. 이에 더해서 상기 영구자석(200)이 Z_0 의 위치를 이탈하여 상승하거나 하강하면 상기 스프링(160, 170)에는 탄성 에너지가 축적되어 상기 영구자석(200)을 원위치로 복귀시키려는 복원력이 작용하게 된다. 이와 같이 상기 자기력과 스프링(160, 170)의 탄성복원력에 의해 상기 영구자석(200)은 상기 코일(350)에 전류가 인가되지 않은 때에 매우 안정적으로 일정한 위치에 부상된 상태를 유지하게 된다.

<104> 상기한 상태에서 상기 코일(350)에 전류가 인가되면 상기 영구자석(200)은 상방 또는 하방으로 이동한다. 이하에서는 이러한 원리를 도 7a 및 도 7b를 참조하여 설명한다. 도 7a 및 도 7b에서 M 은 상기 영구자석(200)의 자력의 크기(magnetic field intensity)를 나타내며, B_u 와 B_d 는 상기 코일(350)에 전류가 인가될 때 발생하는 유도 자계(induction field)를 나타내는 것이다. 그리고 F_u 와 F_d 는 상기 코일(350)에 전류가 인가될 때 발생하는 유도 기전력을 나타낸다.

<105> 도 7a를 참조하면, 밸브를 위에서 보았을 때 상기 코일(350)에 반시계 방향으로 전류가 인가된 경우, 자기 유도 법칙에 의해 상기 밸브 바디(100) 내에는 위쪽 방향의 자계 B_u 가 유도되며, 이 유도 자계의 크기는 상기 코일(350)에 인가되는 전류의 세기에 비례한다. 이 유도 자계에 의해서 상기 영구자석(200)은 위쪽 방향으로 작용하는 유도 기전력 F_u 를 받게 된다. 그러므로 상기 영구자석(200)은 상측으로 상승하게 되며, 이에 따라 상기 니들(240)이 상기 오리피스(131)로부터 멀어지게 되므로 상기 오리피스(131)의 개방 면적을 넓히거나 완전히 개방시키게 된다.

<106> 한편, 상기와 같이 유도 기전력에 의해 영구자석(200)이 상승하면, 상기 영구자석(200)에는 상기 영구자석(200)이 상승한 높이에 비례한 크기를 가지는 다양한 형태의 복원력이 작용한다. 이때 작용하는 복원력으로는, 상기 영구자석(200)과 상기 제1 요크(300) 및 제2 요크(400)에 의해 형성되어 상기 영구자석(200)에 작용하는 자기력과, 상기 스프링(160, 170)에 의해 작용하는 탄성 복원력이 있다. 이에 더해서, 유체가 상기 제2 포트(121)에서 유입된 후 제1 포트(135)를 통해 토출되는 경우에는, 상기 오리피스(131)를 통과하는 유체에 의한 압력 강하를 들 수 있다. 여기서 상기 압력 강하에 대해 간단히 설명한다.

<107> 상기 니들(240)이 상기 오리피스(131)를 개방시키게 되면 오리피스(131)를 통해 하측으로 유체가 흐르게 되면서 상기 유체의 유동 방향, 즉 하측 방향으로 압력 강하가 발생된다. 이 압력 강하에 의해서 상기 니들(240)과 로드(230) 및 영구자석(200)에도 소정의 힘이 가해지게 된다. 그러므로 상기 유체 자체의 압력과 압력강하에 의해 가해지는 힘은 유도 기전력에 의해 상승하는 영구자석(200)을 복원시키려는 힘으로 작용한다. 반면, 상기 유체가 제1 포트(135)를 통해 유입된 후 상기 제2 포트(121)를 통해 토출되는 경우에는 상측 방향으로 유체 압력이 가해진다. 그러므로 이 경우, 상기 유체의 압력은 상기 영구자석(200)을 상승시키게 되므로 복원력이 아닌 상승력으로 작용한다.

<108> 그러므로 상기한 바와 같이 코일(350)에 전류가 인가되면, 상기 영구자석(200)이 상승하다가, 상기 영구자석(200)을 상승시키는 유도 기전력과 상기 영구자석(200)을 복원시키려는 복원력들이 평형을 이루는 지점에서 상기 영구자석(200)이 멈추게 된다. 그러므로 상기 코일(350)에 전류가 계속 인가되면 상기 니들(240)은 상기 영구자석(200)과 함께 상승된 상태를 유지한 채로 상기 오리피스(131)를 개방할 수 있게 된다.

<109> 한편, 상기 코일(350)에 인가되는 전류의 세기를 다르게 조정하면, 상기 유도 기전력의 세기가 변화되므로 변화된 유도 기전력의 세기와 상기 복원력이 평형을 이루는 새로운 지점에서 상기 니들(240)이 위치하게 된다. 그러면, 상기 니들(240)의 선단부(243)가 이동하여 상기 오리피스(131)의 개방 면적, 즉 유체가 통과할 수 있는 유효 면적을 선형적으로 변화시키게 된다. 이에 따라 본 발명에 따른 밸브는 상기 코일(350)에 인가되는 전류의 세기를 조절함으로써 매우 용이하게 상기 오리피스(131)를 통과하는 유체의 유량을 조절할 수 있게 된다. 한편, 도 7a에 도시된 경우는, 도 4b에 도시된 바와 같은

상폐식 밸브 또는 코일(350)에 전류가 인가되지 않은 때 상기 니들(240)이 상기 오리피스(131)에 약간 삽입된 상태를 유지하도록 제작된 밸브에 유효하다.

<110> 도 7b를 참조하면, 밸브를 위에서 보았을 때 상기 코일(350)에 시계 방향으로 전류가 인가된 경우, 자기 유도 법칙에 의해 상기 밸브 바디(100) 내에는 아래쪽 방향의 자계 B_d 가 유도되며, 이 유도 자계의 크기는 상기 코일(350)에 인가되는 전류의 세기에 비례한다. 이 유도 자계에 의해서 상기 영구자석(200)은 아래쪽 방향으로 작용하는 유도 기전력 F_d 를 받게 된다. 그러므로 상기 영구자석(200)은 하측으로 하강하게 되며, 이에 따라 상기 니들(240)이 상기 오리피스(131)로 가까워지게 되므로 상기 오리피스(131)의 개방 면적을 좁히거나 완전히 폐쇄시키게 된다.

<111> 도 7b의 경우에도 도 7a에 도시된 경우와 마찬가지로 상기 영구자석(200)이 이동할 때 복원력이 발생한다. 그러므로 상기 유도 기전력과 복원력이 상호 평형을 이루는 지점까지 상기 영구자석(200)은 하강하게 된다. 이에 따라 상기 니들(240)도 함께 하강하여 상기 오리피스(131)의 개방 면적을 감소시키거나 완전히 폐쇄하게 된다. 그러므로 본 발명을 이용하면 도 7b와 같은 방향으로 전류가 주어질 때에도 상기 오리피스(131)를 통과하는 유체의 양을 효과적으로 제어할 수 있게 되는 것이다. 한편, 도 7b에 도시된 경우는, 도 4a에 도시된 바와 같은 상개식 밸브 또는 코일(350)에 전류가 인가되지 않은 때 상기 니들(240)이 상기 오리피스(131)에 약간 삽입된 상태를 유지하도록 제작된 밸브에 유효하다.

<112> 한편, 상기 도 7a와 도 7b와 같이 상기 코일(350)에 전류가 인가된 상태에서 전류 공급이 중단되면 상기 복원력에 의해서 상기 영구자석(200) 및 상기 니들(240)이 원위치로 복귀하게 된다. 이때 전류의 인가량을 서서히 줄이면서 중단

하게 되면 급격한 복귀에 따른 문제점들, 예를 들면 스프링(160, 170)에 무리한 힘이 가해진다거나 급격한 복귀시 니들(240)과 오리피스(131) 입구, 또는 영구자석(200)과 리미터(140)가 맞부딪히는 소음 등이 발생하는 문제, 그리고 오동작 또는 파손 등을 효과적으로 방지할 수 있게 된다.

<113> 상기한 바와 같이 본 발명에 따른 유체 흐름 제어 밸브는, 전류의 방향과 세기를 조절하여 유체의 유동량을 선형적으로 조정할 수 있는 선형 팽창 밸브(linear expansion valve)로 구현될 수 있다. 그리고 전류 인가 시 오리피스(131)를 개방하거나 폐쇄하는 개폐 밸브로도 구현될 수 있다. 이러한 본 발명에 따른 전자기식 유체 흐름 제어 밸브는 예를 들면, 에어컨디셔너 냉장고 등 유체의 단열 팽창 작용을 이용한 선형 팽창 밸브 등 관내를 유동하는 유체를 제어 하는 많은 분야에 널리 적용될 수 있다. 뿐만 아니라 자동차 타이어의 적정 내압을 유지하기 위해 기체의 흐름을 조절하는데 적용할 수 있다. 그리고 자동차 전자 제어 엔진용 연료 분사 장치의 과급 압력을 조절하기 위한 조절 밸브로도 적용할 수 있다. 또한, 자동차 자동 변속 장치의 유압 조절 장치, 능동 현가 장치(active suspension), 유압 조절 장치 및 자동 제동 장치(automatic braking system)의 압력 조절 장치 등에도 적용될 수 있다.

<114> 상기에서 몇몇의 실시예가 설명되었음에도 불구하고, 본 발명이 이의 취지 및 범주에서 벗어남 없이 다른 여러 형태로 구체화될 수 있다는 사실은 해당 기술에 통상의 지식을 가진 이들에게는 자명한 것이다. 따라서, 상술된 실시예는 제한적인 것이 아닌 예시적인 것으로 여겨져야 하며, 첨부된 청구항 및 이의 동등 범위 내의 모든 실시예는 본 발명의 범주 내에 포함된다.

【발명의 효과】

- <115> 상기한 본 발명은 다음과 같은 효과를 가진다.
- <116> 첫째, 구조가 간단하고 각 부품이 매우 유기적인 결합관계를 가지도록 설계되었으므로 조립이 매우 쉽다. 그러므로 조립성 및 작업성이 용이하여 생산성이 향상된다. 이는 제조 가격을 낮추게 되어 경제성을 높이는 효과를 가져온다.
- <117> 둘째, 코일에 인가되는 전류의 방향과 세기를 조절함으로써 유체가 통과하는 오리피스(131)의 개방 면적을 선형적으로 변화시킬 수 있다. 이에 따라 유동하는 유체의 양을 매우 용이하게 제어할 수 있다.
- <118> 셋째, 코일에 인가되는 전류의 세기가 고정된 경우 니들은 상기 코일에 전류가 인가될 때 상기 오리피스를 개방하거나 폐쇄하게 된다. 이에 따라 오리피스(131)를 개폐하는 개폐 밸브(bistable on/off valve)로도 사용할 수 있다.
- <119> 넷째, 전자기력에 의해 작동하므로 종래 보다 응답성이 빠르며 작동에 신뢰성이 확보된다.
- <120> 다섯째, 종래와는 유체가 있는 부분에서 작동하는 부품들과 이들을 작동시키는 부품들이 기계적으로 또는 전기적으로 연결될 필요가 없다. 그러므로 종래의 밸브들 보다 밀봉성이 향상된다.
- <121> 여섯째, 본 발명에 따른 밸브에는 관이 연결되는 두 포트가 각각 밸브 바디의 외주면과 하단에 형성된다. 그러므로 본 발명에 따른 밸브는 유로가 수직으로 변경되는 부분에 제어 밸브를 설치해야하는 경우 매우 유용하다.

<122> 일곱째, 발명에 따른 밸브에는 별도의 액츄에이터(actuator)가 설치될 필요가 없다. 그러므로 종래 구조의 밸브들 보다 크기를 소형화 할 수 있어 기기 전체의 크기를 콤팩트화 할 수 있는 장점이 있다.

<123> 본 발명의 구성을 설명하면서 기술된 장점들 또한 본 발명의 장점들에 모두 포함된다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

하단에 형성되는 제1 포트와, 외주면 일지점에 형성되는 제2 포트와, 상기 제1 및 제2 포트를 연통시키도록 내부에 형성되는 오리피스(orifice)와, 상측 내부에 공간(space)을 가지는 밸브 바디와;

상기 공간에 상하 방향으로 이동 가능하게 설치되는 영구자석과;

전기 회로와 연결되고 상기 밸브 바디 외주면에 권선되는 코일과;

상기 영구자석이 자기력에 의해서 상기 공간 중에 부상된 상태를 유지할 수 있도록 상기 영구자석의 상측 일부분과 대응하는 위치의 상기 밸브 바디 외주면을 에워싸도록 설치되는 제1 요크(yoke)와;

테이퍼진 선단부(tip)가 상기 오리피스의 일측에 대응하도록 배치되고, 상기 코일에 전류가 인가될 때 발생하는 전자기력(electromagnetic force)에 의해 상기 영구자석이 상방 또는 하방으로 이동할 때 함께 이동하면서 상기 오리피스의 개방 면적을 선형적으로 변화시키는 니들(needle)을 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 바디는 상하 방향으로 긴 원통형으로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 바디는 분리 가능한 3개의 피스(piece)를 포함하여 이루어지는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 4】

제 3 항에 있어서,

상기 밸브 바디는,

외주면에 상기 코일과 상기 제1 요크가 결합되고 내부에 상기 영구자석이 수용되는 제1 피스와,

외주면에 상기 제2 포트가 형성되고, 하단이 개방되며, 내측 공동부(cavity)에 상기 니들이 위치되도록 상기 제1 피스의 하단에 결합되는 제2 피스와,

내부에 상기 오리피스가 형성되고 하단에 상기 제1 포트가 형성되며, 상기 니들이 상기 오리피스에 대응하는 위치에 배치되도록 상기 제2 피스의 하단에 결합되는 제3 피스를 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서,

상기 제1 피스는 비자성체(nonmagnetic substance)로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 포트와 제2 포트는 상호 수직한 방향으로 형성되는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 7】

제 1 항에 있어서,

상기 니들은 상기 영구자석을 관통하도록 설치된 로드(rod)의 하단부에 결합되어
상기 영구자석과 함께 이동하는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 8】

제 7 항에 있어서,

상기 로드는 비자성체로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 9】

제 1 항에 있어서,

상기 니들은 상기 영구자석에 직접 연결되는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 10】

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 바디의 상단은 분리 가능한 캡에 의해 폐쇄된 전자기식 유체 흐름 제어
밸브.

【청구항 11】

제 10 항에 있어서,

상기 캡은 비자성체로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 12】

제 10 항에 있어서,

상기 캡과 상기 영구자석 사이에 상기 공간의 수평 단면적을 축소하도록 설치되며,
상기 영구자석의 상승 높이를 제한하는 리미터(limiter)를 더 포함하여 이루어진 전자기
식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 13】

제 12 항에 있어서

상기 리미터는 상기 영구자석의 외주보다 작은 내주를 가지는 링형으로 이루어진
전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 14】

제 12 항에 있어서, 상기 리미터는 비자성체로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어
밸브.

【청구항 15】

제 1 항에 있어서,

상기 공간의 상측에 상기 공간의 수평 단면적을 축소하도록 설치되어 상기 영구자
석의 상승 높이를 제한하는 리미터(limiter)를 더 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐
름 제어 밸브.

【청구항 16】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 요크는 투자율(permiability)이 높은 물질(substance)로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 17】

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 바디의 외주면에 결합되고, 상기 코일을 에워싸도록 설치되는 제2 요크를 더 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 18】

제 17 항에 있어서,

상기 제2 요크는 투자율이 높은 물질로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 19】

제 17 항에 있어서,

상기 제2 요크는,

상기 코일의 상측 부분을 에워싸도록 설치되는 상부 피스와,

상기 상부 피스의 하측에서 결합되고, 상기 코일의 하측 부분을 에워싸는 하부 피스를 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 20】

제 7 항에 있어서,

일부분이 상기 밸브 바디와 상기 로드와 각각 고정되도록 설치되어, 상기 영구자석이 이동할 때, 상기 영구자석, 상기 로드 또는 상기 니들이 상기 밸브 바디의 내벽에 접

축되는 것을 방지하면서 상기 영구자석이 원위치되도록 복원력을 부여하는 적어도 하나 이상의 스프링을 더 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 21】

제 20 항에 있어서,

상기 스프링은,

상기 영구자석을 관통한 상기 로드의 상단부를 지지하는 제1 스프링과,

상기 니들과 연결되는 상기 로드의 하단부를 지지하는 제2 스프링을 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 22】

제 20 항에 있어서,

상기 각 스프링은,

상기 밸브 바디에 고정되는 제1 링과,

상기 제1 링의 내측에 배치되고 내주면에 상기 로드의 외주면이 끼워지는 제2 링과,

상기 제1 링과 제2 링을 연결하고, 상기 제1 링의 반지름 방향으로 큰 강성(stiffness)을 가지면서 상기 제1 링의 상하 방향으로 탄력적인 서스펜더들(suspenders)을 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 23】

제 20 항에 있어서,

상기 각 스프링은 비자성체로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 24】

제 1 항에 있어서,

상기 니들은 상기 코일에 전류가 인가되지 않은 상태에서 상기 오리피스를 폐쇄하도록 배치되는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 25】

제 1 항에 있어서,

상기 니들은 상기 코일에 전류가 인가되지 않은 상태에서 상기 오리피스를 완전히 개방시키도록 배치되는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 26】

제 1 항에 있어서,

상기 니들은 상기 코일에 전류가 인가되지 않은 상태에서 상기 선단부가 상기 오리피스의 개방 면적 중 일부를 차지하도록 배치되는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 27】

제 1 항에 있어서,

상기 전기회로는, 상기 니들이 상기 오리피스의 개방 면적을 선형적으로 증감시킬 수 있도록, 상기 코일에 공급하는 전류의 세기 및 방향을 임의로 조절할 수 있는 회로인 것을 특징으로 하는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 28】

제 27 항에 있어서,

상기 전기 회로는 디지털화된 인가 전류의 주기 및 펄스 폭을 임의로 조절할 수 있는 펄스 폭 변조 회로(PWM circuit: pulse width modulation circuit)를 포함하여 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 29】

제 1 항에 있어서,

상기 전기 회로는, 상기 니들이 상기 오리피스를 개방하거나 폐쇄하는 개폐 밸브(bistable on/off valve)로 작동할 수 있도록, 상기 코일에 기 설정된 세기를 가지는 전류를 인가할 수 있는 회로인 것을 특징으로 하는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 30】

제 1 항에 있어서,

상기 제1 포트에는 압력이 높은 유체가 유입되는 유입관(inlet tube)이 연결되고, 상기 제2 포트에는 상기 오리피스를 통과한 유체가 토출되는 토출관(outlet tube)이 연결되는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 31】

제 30 항에 있어서,

상기 오리피스를 통과한 후 상기 유체의 압력 및 온도가 강하되도록 상기 오리피스의 직경은 상기 제1 포트의 직경 보다 작게 형성되는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 32】

제 1 항에 있어서,

상기 제2 포트에는 압력이 높은 유체가 유입되는 유입관(inlet tube)이 연결되고, 상기 제1 포트에는 상기 오리피스를 통과한 유체가 토출되는 토출관(outlet tube)가 연결되는 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 33】

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 바디 내로 유입되어 상기 오리피스를 경유한 후 외부로 토출되는 유체는 기체 상태로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 34】

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 바디 내로 유입되어 상기 오리피스를 경유한 후 외부로 토출되는 유체는 액체 상태로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【청구항 35】

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 바디 내로 유입되어 상기 오리피스를 경유한 후 외부로 토출되는 유체는 기체와 액체가 혼합된 상태로 이루어진 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

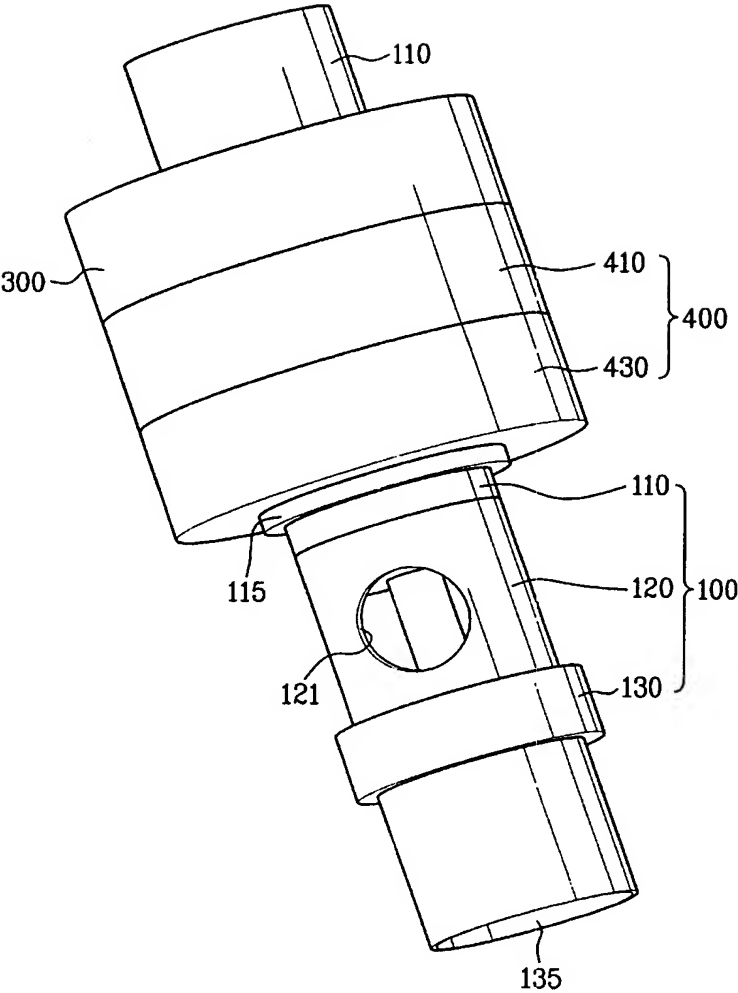
【청구항 36】

제 1 항에 있어서,

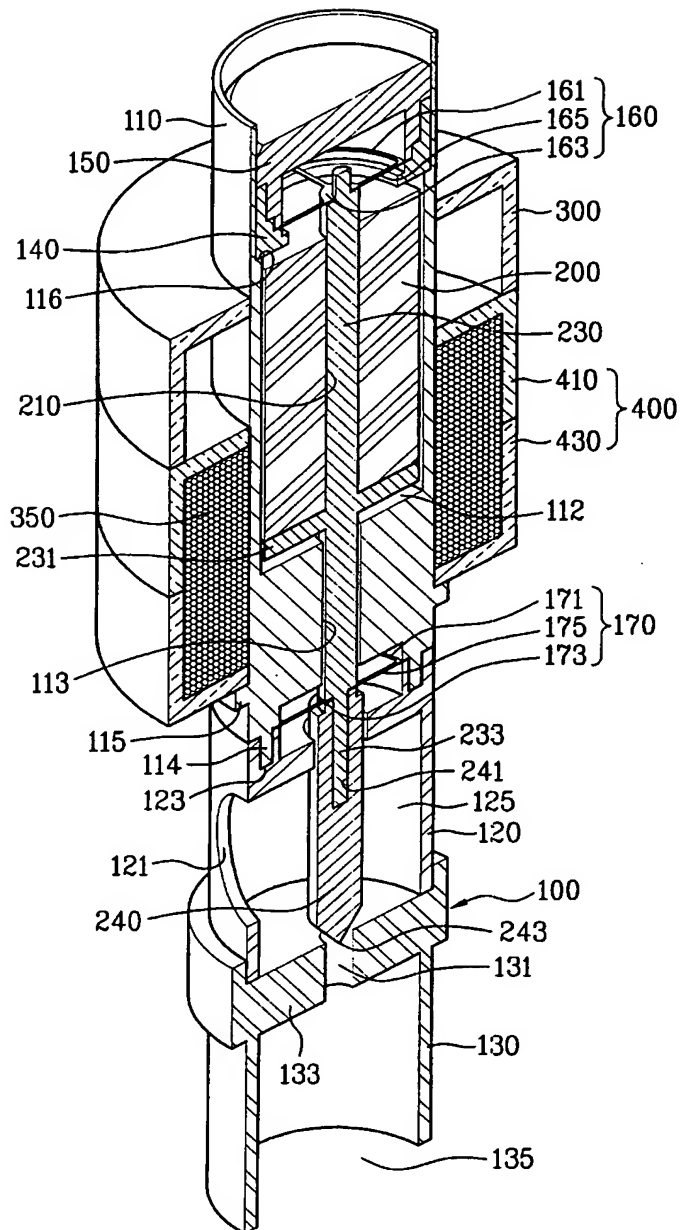
상기 밸브 바디 내로 유입되어 상기 오리피스를 경유한 후 외부로 토출되는 유체는 초임계 유체(super critical fluid)인 전자기식 유체 흐름 제어 밸브.

【도면】

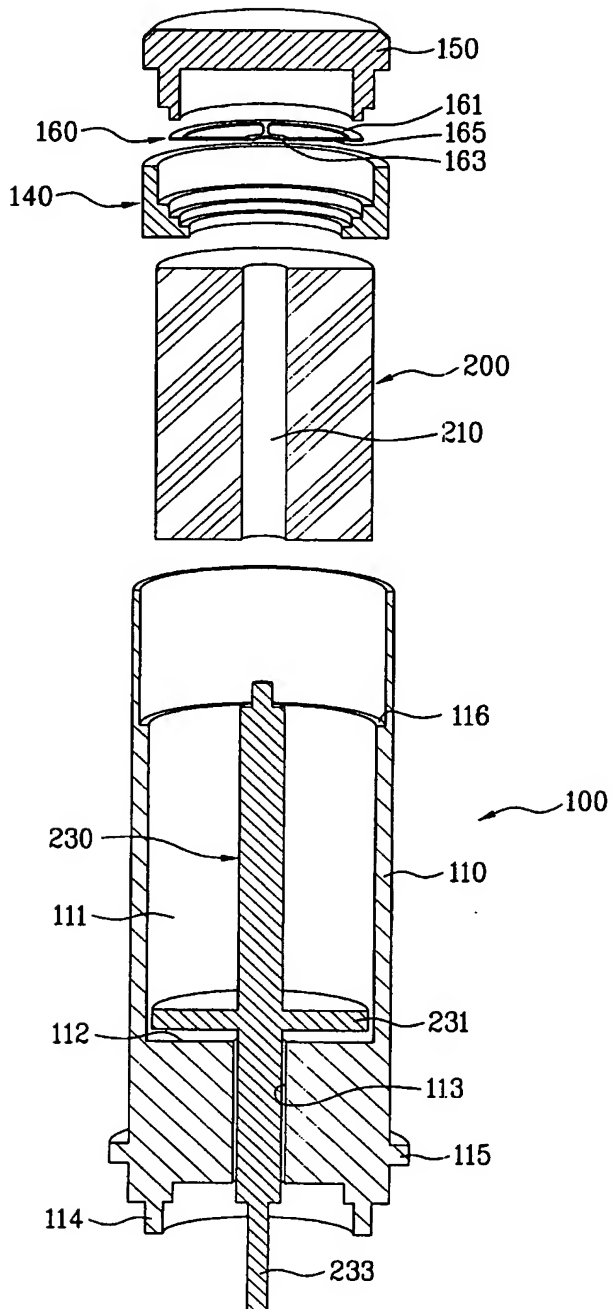
【도 1】



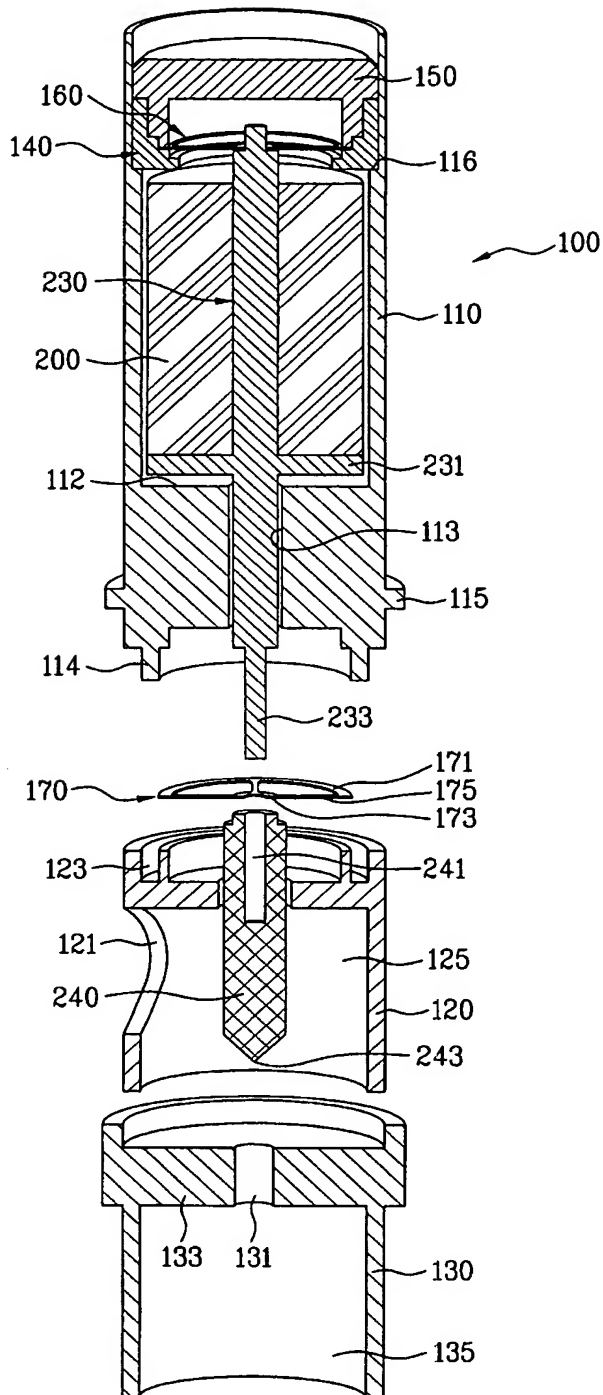
【도 2】



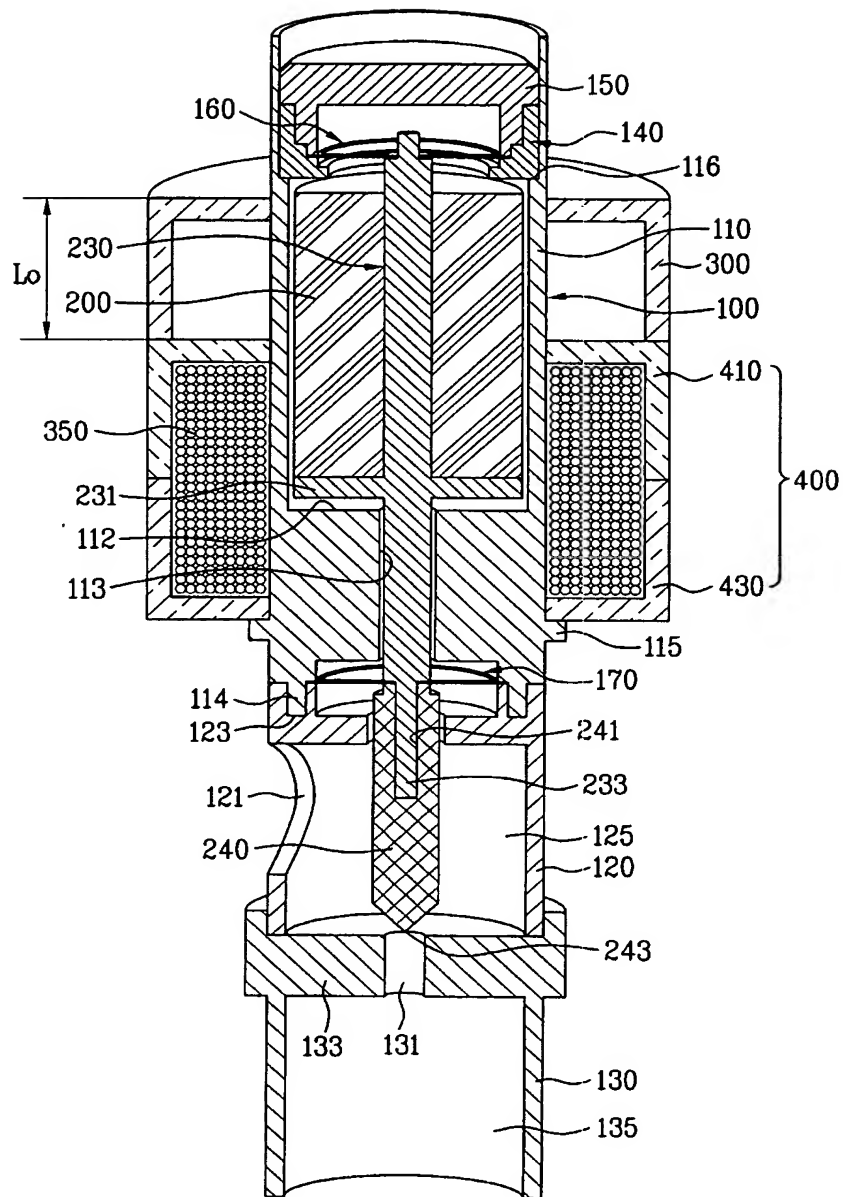
【도 3a】



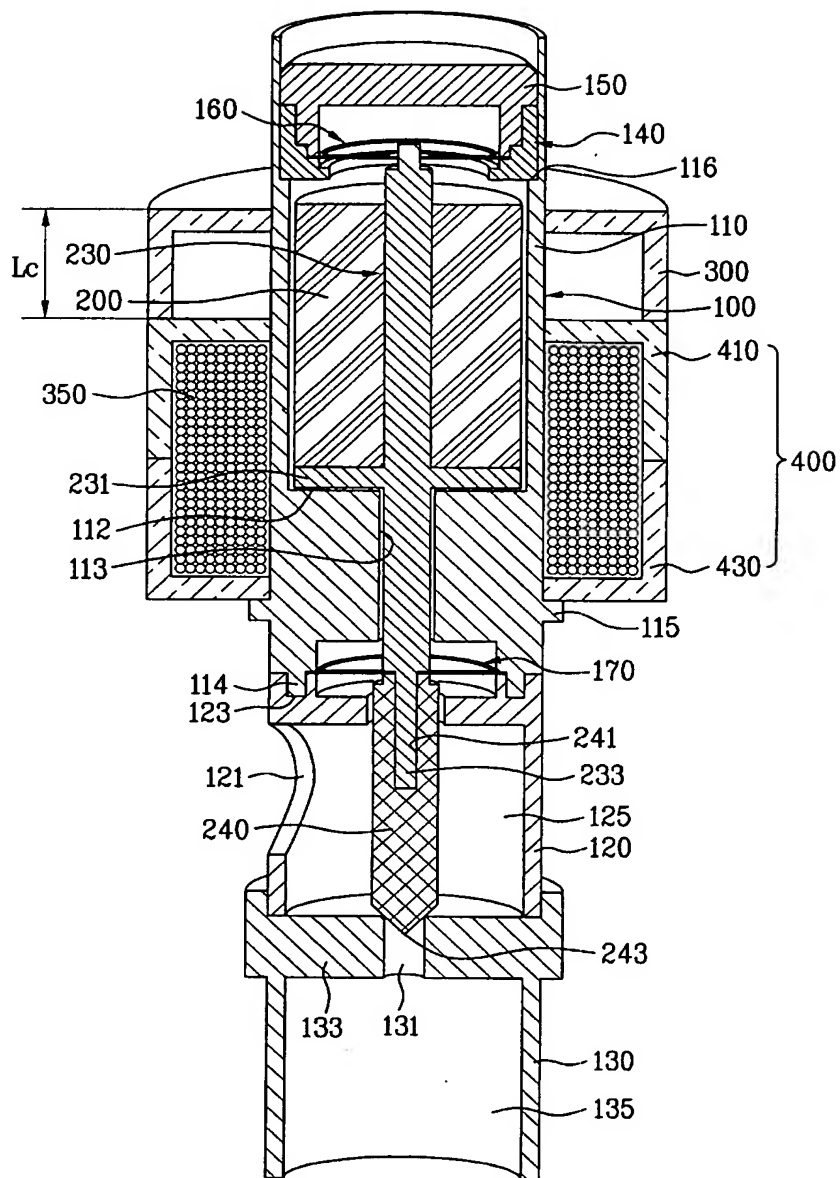
【도 3b】



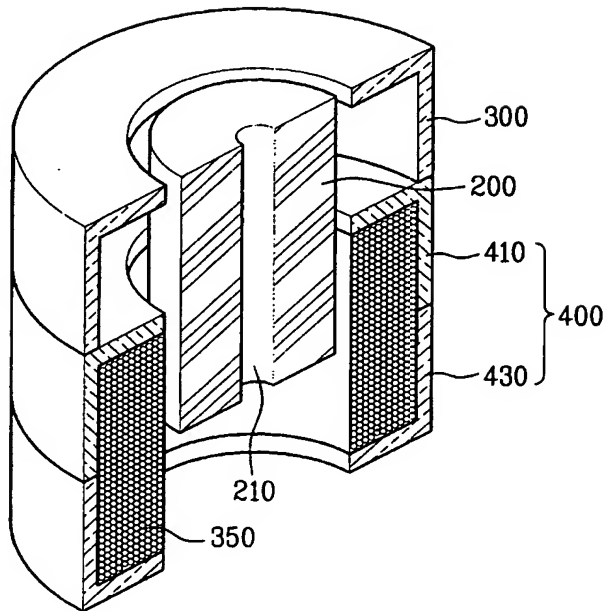
【도 4a】



【도 4b】



【도 5】



【도 6】

